

MSC

2.º
CICLO

FCUP
2017

U. PORTO

Aquaponia: Construção de um sistema de
aquaponia a uma escala modelo e elaboração de
um manual de instruções didático

Inês Isabel de Oliveira Canastra

FC

U. PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

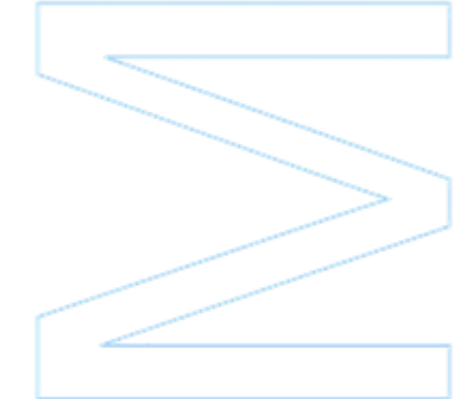


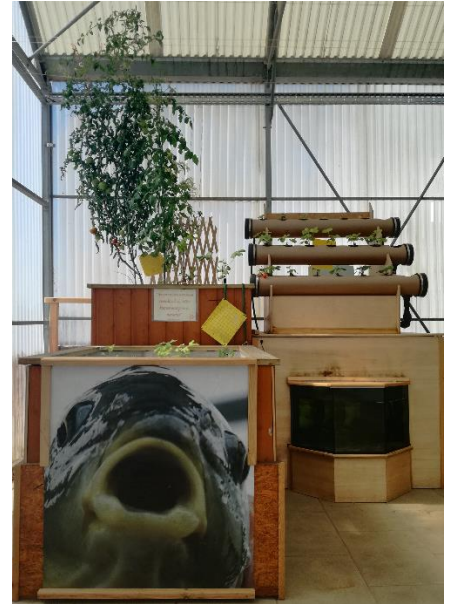
Aquaponia: Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático

Inês Isabel de Oliveira Canastra
Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto,
Biologia

2017

U. PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO





Aquaponia: Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático

Inês Isabel de Oliveira Canastra

Recursos Biológicos Aquáticos

Biologia

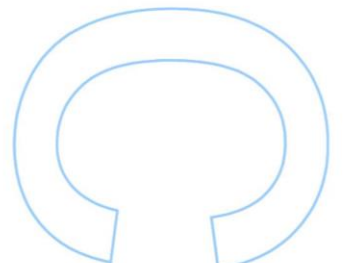
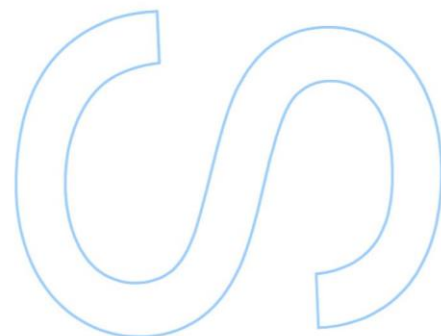
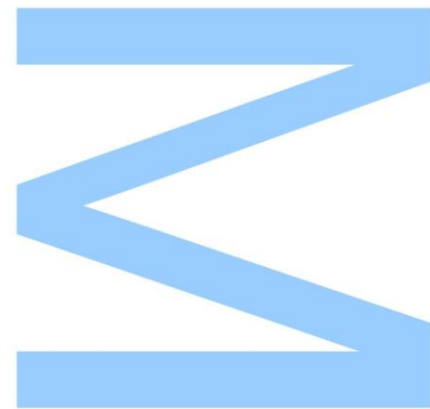
2017

Orientador

António Paulo Alves Ferreira de Carvalho, Professor Auxiliar,
FCUP

Coorientador

Pedro Joshua Caels, administrador, Herdade Aberta Nova

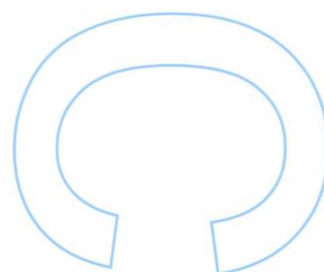
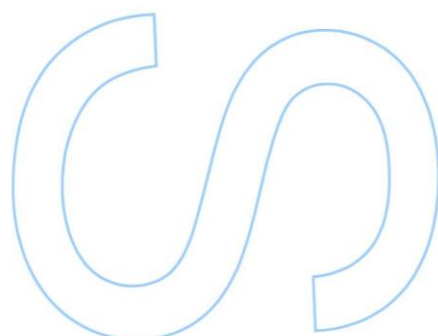
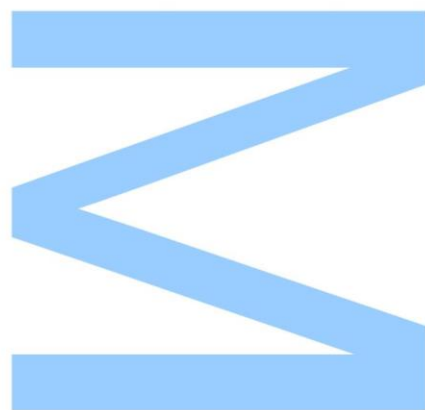




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



(...) "Porque cada um, independente das habilitações que tenha, ao menos uma vez na vida fez ou disse coisas muito acima da sua natureza e condição, e se a essas pessoas pudéssemos retirar do quotidiano pardo em que vão perdendo os contornos, ou elas a si próprias se retirassem de malhas e prisões, quantas mais maravilhas seriam capazes de obrar, que pedaços de conhecimento profundo poderiam comunicar, porque cada um de nós sabe infinitamente mais do que julga e cada um dos outros infinitamente mais do que neles aceitamos reconhecer." (...)

José Saramago (A Jangada de Pedra)

Agradecimentos

Que misto de emoções...aqui estou eu a fazer algo que nunca pensei fazer...mas a vida é mesmo assim coloca-nos desafios que acabam por fazer com que mudemos de planos...

Não sei bem mas talvez tenha de agradecer ao professor que me fez estar mais um ano na licenciatura, pois foi graças ao 9,4 que tive tempo para ponderar fazer um mestrado...e agora aqui estou eu a terminar mais uma etapa.

Agora a sério em primeiro lugar como não poderia deixar de ser um muito obrigada à minha família: principalmente aos meus pais que tanto se esforçaram para me darem esta oportunidade, depois às minhas irmãs Tânia e Liliana (sabes que és o meu porto seguro juntamente com o meu cunhado Paulo), claro que não poderiam faltar um agradecimento às pestes dos meus sobrinhos Bruna, Tomás, Simão, Martim e Margarida que muitas vezes foram uma fuga ao stress, claro que não me ia esquecer da desestabilizadora da minha prima Vanessa e do mais recente membro da família Davide um obrigada pelas noitadas bem passadas sempre que vinha matar saudade da terrinha. Obviamente que não posso deixar de agradecer ao meu Kepler e à minha Star que não sei se por estarem preocupados ou por terem ciúmes, me obrigavam a fazer pausas no estudo.

À família Reis, pensavam que se escapavam é claro que não...afinal para mim são a minha segunda família, e que família... um obrigada é pouco para agradecer tudo o que fizeram por mim, Gabi e Hernani sempre me trataram como uma filha obrigada por todos os momentos, Teresinha a mulher da caverna obrigada por partilhares os teus pais comigo e por me dares cabo da cabeça.

À minha maninha Rute e ao seus pais Celeste e Joaquim Fonseca que criaram esta pessoa maravilhosa, que tanto fez por mim, desde o início de toda esta minha aventura académica e que aventura, e muito mais que isso, foram tantos os momentos que seria impossível expressar por palavras o quão grata te estou, afinal os sentimentos sentem-se, sabes bem que te Adoro.

Como não poderia deixar de ser às migas do núcleo, as minha companheiras de guerra e de revolta, em especial à minha Joaninha que tanto me aturou.

Às minhas amigas do antes e depois desta aventura Sónia Ribeiro uma grande professora e amiga, Tixa (com X) apesar do pequeno contratempo que já lá vai sabes o quanto foste e és importante para mim, à minha querida Xana e ao seu esposo Ricardo companheiros de momentos altamente bem passados e à Vera Rocha rapariga que todos dizem ter um feitio complicado mas no fim cá nos entendemos.

À grande família de Astronomia, pois uma vez astrónomo, astrónomo para sempre, especialmente ao meu querido Pascoal e Gil com quem pode contar sempre. Por falar no Gil claro que também quero agradecer à vizinha favorita a dona Gina, por todos os momentos bem passados.

Ao meu orientador, Professor António Paulo Carvalho, primeiro por ter aceitado ser meu orientador. Sempre disponível para me acompanharem em todas as fases do meu trabalho, ter esclarecido as dúvidas que foram surgindo e por efetuar críticas construtivas.

E, por fim, mas não menos importante a toda a equipa da Herdade Aberta Nova, ao Pedro Caels por ter aceitado o estágio e pela forma que me recebeu, claro que à Cristina por me fazer sentir parte da equipa, ao Steven o meu carpinteiro preferido, ao João o teimoso que tanto me ajudou, ao Gregor pelas questões pertinentes, às Sílvia Louro e Ghitoc sempre disponíveis para ajudar, aos Pedro Chainho e Batista pela boa disposição e animação, Ruben, Néelson, Gigi e Jonathan sempre prestáveis e simpáticos.

A lista já vai longa, contudo certamente haverá mais pessoas a quem devia agradecer, para todas elas um muito obrigada!

Resumo

O crescente aumento da população mundial traduz-se numa maior necessidade de produção de alimentos, onde o consumo de produtos animais encontra-se em níveis elevados. Se a esse aumento de população se aliar o facto da disponibilidade de solos cultiváveis, o acesso a água potável ser cada vez menor e da maioria dos stocks de peixes estarem sobre explorados, em recuperação ou mesmo esgotados, torna-se evidente a necessidade de encontrar novas formas de cultivo e produção alimentar.

Da junção da aquacultura com a hidroponia nasceu aquaponia. Esta nova forma de produção de alimentos cada vez mais tem merecido destaque pois apresenta uma serie de vantagens, onde se destaca o facto de não gerar desperdícios, uma vez que os desperdícios dos peixes são convertidos em nutrientes para o crescimento das plantas e estas filtram a água para os peixes. Assim a aquaponia apresenta-se como uma alternativa viável aos métodos mais tradicionais, apresentando uma série de vantagens tanto ao nível de qualidade dos produtos obtidos, bem como da economia dos recursos que utiliza.

No entanto, a aquaponia requer conhecimentos para que funcione em pleno, onde o sucesso da sua aplicação exige a compreensão dos elementos biológicos envolvidos no sistema. Contudo o investimento inicial é elevado, sendo este o principal inconveniente.

O estágio foi efetuado na Herdade Aberta Nova, tendo como objetivo a construção de um sistema a pequena escala e divulgar a aquaponia como forma de produção sustentável de peixes e plantas convencionais. O estágio teve a duração de um ano letivo 2016/2017, permitindo a aquisição de competências e conhecimentos diversificados em sistemas aquapónicos bem como na integração no mercado de trabalho.

Deste trabalho resultou a construção bem-sucedida de um pequeno sistema aquapónico (550 L) com a produção de duas espécies de ciprinídeos e várias frutas e legumes, tais como tomate, morangos, brócolos e alface. Foi também escrito um manual sobre aquaponia e a construção de um sistema aquapónico.

Palavras-Chave: Aquaponia, aquacultura, divulgação, hidroponia, sistemas aquáticos.

Abstract

The rapid growth of the global population increases the food demand, especially the demand for high quality animal protein such as fish. The low availability of cultivable soils, the decreasing access to potable water and the current state of fish stocks (most of them are overexploited, in recuperation or even extinct), makes urgent to find new solutions to optimize both animal production and agriculture.

The combination of aquaculture with hydroponics in one unique system it's called aquaponic. This type of production has been worth of highlighting, because presents several advantages being the most important the fact that the wastages generated from the fish production are used as nutrients by the plants. The consumption of the wastages by the plants works like a filter, maintaining the good quality of the water to the fishes. Aquaponics presents a viable solution to the most traditional methods, offering high level quality products and an economy of the resources needed.

In order to obtain a viable aquaponic system and maximize the use of resources and expected profit it is necessary to know the biological needs of each one of the species integrated. This often requires specialized labour workers. Also, as a disadvantage the aquaponic production requires a high initial investment.

This work took place at Herdade Aberta Nova and the aim of the internship was to create a small scale aquaponic system and to divulge the aquaponics as sustainable alternative to the conventional animal and plant production. The internship lasted for a scholar year 2016/2017 and allowed the acquisition of diversified competences and knowledge in aquaponics systems, as well as in the integration in the job market.

This work resulted in the successful construction of a small aquaponic system (550 L) with the production of two cyprinids species and several fruits and vegetables, such as tomato, strawberries, broccoli and lettuce. It was also written a aquaponic construction guide.

Keywords: Aquaponics, aquaculture, divulgation, hydroponics, aquatic systems.

Índice

Índice de figuras	X
Índice de tabelas.....	XI
Índice de abreviaturas.....	XI
Introdução.....	1
I - Objetivos e organização do trabalho	1
II - Aquaponia.....	1
II.1 - Importância da Aquaponia	1
II.2 - Definição	3
II.3 - Princípios Biológicos.....	5
II.3.1- Nitrificação	7
II.4 - Componentes do sistema de aquaponia	8
II.4.1 - Canalização	8
II.4.2 - Água	9
II.4.3 - Parâmetros Físico – Químicos	10
II.4.3.1 - Temperatura	11
II.4.3.2 - Oxigénio dissolvido	11
II.4.3.3 - Amónia	13
II.4.3.4 - Nitrito	14
II.4.3.5 - Nitrato	14
II.4.3.6 - pH.....	15
II.4.4 - Ambiente para a produção de peixes	15
II.4.5 - Ambiente para produção de plantas.....	16
II.5 - Os peixes.....	19
II.5.1 - Hábitos alimentares.....	20
II.5.2 - Onde adquirir os peixes	20
II.6 - As plantas.....	21
II.6.1 - Disponibilidade de água	22
II.6.2 - Nutrição.....	22
II.6.5 - Suplementação de nutrientes.....	23
II.6.6 - Controlo de pragas.....	24
II.7 - Proporções entre produção de plantas e peixes	25
II.8 - Desenho do sistema	26
II.8.1 - Inundação e drenagem	26
II.8.1.1 - Adição de uma <i>Sump</i>	27

II.8.1.2 - Adição de uma segunda bomba	28
II.8.1.3 - Sistema híbrido	29
II.9 - O sistema integrado	29
II.10 - Manutenção do sistema	31
A empresa Aberta Nova	33
Tarefas na Aberta Nova	37
I - Tarefas Diárias	38
II - Tarefas semanais	38
III - Tarefas mensais	39
IV - Tarefas pontuais	39
Construção do sistema aquapónico	41
I - Desenho do sistema	42
II - Componentes do sistema	43
II.1 - Canalização	43
II.2 - Água	43
II.3 - Oxigénio dissolvido	43
II.3.1 - O auto - sifão	44
II.3.1.1 - Material necessário	44
II.3.1.2 - Construção passo a passo	45
II.3.1.3 - Funcionamento do auto sifão	48
II.4 - Ambiente para a criação de peixes	48
II.5 - Ambiente para a produção de plantas	50
II.6 - Os peixes	52
II.7 - As plantas	52
III - Proporção entre peixes e plantas	54
IV - O sistema integrado	54
V - Manutenção do sistema	56
Elaboração de um manual de aquaponia	57
Considerações finais	57
Referências	58
Anexo I	61
Anexo II	70

Índice de figuras

Figura 1 - Interação entre os componentes biológicos em aquaponia, imagem de Sílvia Ghitoc. (Aberta Nova)	6
Figura 2 – Representação da quantidade de nutrientes que está disponível a cada nível pH, (Bernstein, 2011)	24
Figura 3 - Esquema de inundação e drenagem 1:1, (imagem de Sílvia Louro, Aberta Nova)	27
Figura 4 - Esquema sistema com <i>sump</i> , (imagem de Sílvia Louro, Aberta Nova)	27
Figura 5 - Esquema sistema com duas bombas, (imagem de Sílvia Louro, Aberta Nova)	28
Figura 6 - Fotos da herdade Aberta Nova	36
Figura 7 - Fotografias da exposição . COME, Pavilhão do Conhecimento	40
Figura 8 - Fotos das diferentes visitas ao sistema aquapónico	41
Figura 9 - Esquema do sistema aquapónico construído no estágio, (imagem de Sílvia Louro, Aberta Nova)	42
Figura 10 - Esquema de um auto – sifão	44
Figura 11- material necessário.....	44
Figura 12 - Tubo PVC com cortes.....	45
Figura 13 - Tampa com furo.....	45
Figura 14 - Tubo de sino com tampa	45
Figura 15 - Tubo de sino com a configuração final.....	46
Figura 16 - Cama de crescimento com tubo vertical	46
Figura 17 - Cama de crescimento com tubo vertical e tubo de drenagem.....	46
Figura 18 - Cama de crescimento com sifão	47
Figura 19 - Cama de crescimento com sifão e tubo de proteção	47
Figura 20 - Fotografia do aquário utilizado no sistema.....	48
Figura 21 - Esquemas das diferentes formas de oxigenação do sistema, A- oxigenação promovida pelo auto sifão, B- oxigenação promovida pela força de gravidade e C- oxigenação promovida pela queda de água.....	49
Figura 22 - Cama flutuante com agriões e alfaces, sistema construído no estágio	50
Figura 23 - Sistema fluxo laminar com morangueiros, sistema construído no estágio.....	51
Figura 24 - Cultivo em cascalho, sistema construído no estágio.....	51
Figura 25 - Peixes mantidos no sistema: limpa-fundos, tenca e carpa koi	52
Figura 26 - Alguns exemplares produzidos no sistema. A) Funcho; B) Morangos; C) Brócolo; D) Alfaces; E) Tomate; F) Tomate cereja; G) Quiabo; H) Agriões	53
Figura 27 - Papaia, A) papaia infetada com aranhão vermelho; B) papaia recuperada	54
Figura 28 - Sistema aquapónico construído durante o estágio.....	57

Índice de tabelas

Tabela 1- Percentagem total de amónia não- ionizada em função da temperatura e pH da água	30
Tabela 2 - Esquematização sumária das tarefas do estágio	37
Tabela 3 - Valores dos parâmetros de qualidade da água, referentes ao primeiro dia do ciclo e ao fim de 30 dias.	56
Tabela 4 - Média dos valores diários dos parâmetros de qualidade da água	56

Índice de abreviaturas

Al	Alumínio
B	Boro
C	Carbono
Ca	Cálcio
Cl	Cloro
CO ₂	Dióxido de Carbono
CPVC	Policloreto de Vinila Clorado
Cu	Cobre
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
Fe	Ferro
H	Hidrogénio
H ₂ O	Água
IBC	Intermediate Bulk Container
K	Potássio
LECA	Light – Expanded Clay Aggregate (argila expandida)
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdénio

N	Azoto
NaCl	Sal
NH ₃ / NH ₄ ⁺	Amónia
NO ₂ ⁻	Nitritos
NO ₃ ⁻	Nitratos
O ₂	Oxigénio
OD	Oxigénio dissolvido
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Fosforo
pH	Potencial de hidrogeniónico
ppm	Partes por milhão
PVC	Policloreto de Vinila
RAS	Sistema de Recirculação de Água
S	Enxofre
SIRA	Sistema Intensivo com Recirculação de Água
Sump	Tanque de depósito
TAN	Total de Amonia Nitrogen
UV	Ultra Violeta
Zn	Zinco

Introdução

Como finalista do mestrado em recursos biológicos aquáticos, senti que era minha responsabilidade dar a conhecer esta forma de produção de alimentos à população, de forma a chamar a atenção dos consumidores aumentando a confiança e o sentimento de segurança neste tipo de produtos, e por outro lado chamar a atenção da indústria para produções mais sustentáveis.

I - Objetivos e organização do trabalho

O presente relatório de estágio surge no âmbito da obtenção do grau de Mestre, tendo o estágio a duração de um ano letivo. O presente relatório tem como objetivo demonstrar a assimilação de conhecimentos, expor as tarefas de rotina desenvolvidas durante o estágio, bem como apresentar o projeto proposto pela empresa. A realização de estágios de natureza profissional poderão mostrar-se como uma mais-valia, visto que vivemos numa sociedade cujo mercado de trabalho exige, para primeiro emprego, a experiência.

O estágio decorreu na herdade Aberta Nova, do qual resultou o presente relatório de estágio.

Neste contexto, o presente relatório visa satisfazer os seguintes pontos:

- Demonstrar a assimilação dos conhecimentos e competências relativamente à aquaponia e aos sistemas aquapónicos.
- Contextualizar a empresa onde foi realizado todo o estágio.
- Descrever as tarefas de rotina na herdade Aberta Nova, evidenciando o objetivo de cada tarefa.
- Apresentar os trabalhos elaborados durante o estágio, propostos pela empresa.

II - Aquaponia

II.1 - Importância da Aquaponia

Estima-se que o planeta Terra é habitado por 7,5 mil milhões de pessoas e esse número continua a aumentar constantemente, de tal forma que as previsões apontam que a população mundial será de 8,5 mil milhões em 2030, 9,7 mil milhões em 2050 e

passará os 11 mil milhões em 2100¹. É cada vez mais pertinente garantir um abastecimento variado e confiável de alimentos que possa suportar o crescente aumento da população. É necessário que as produções agrícolas acompanhem esse crescimento de forma a conseguirem fornecer alimentos, rações para animais e fontes alternativas de combustíveis (Edgerton, 2009). O aumento da população traduz-se portanto num maior consumo de produtos de origem animal e vegetal. Segundo Jacobs-McDaniels (2014) em muitos países desenvolvidos os produtos de origem marinha foram promovidos como uma alternativa saudável relativamente à carne vermelha e a outros produtos de origem animal. Isto fez com que o consumo de peixe e crustáceos aumentasse o que se traduziu num maior desenvolvimento do sector pesqueiro, levando a um aumento das capturas e consequente sobre-exploração e até mesmo desaparecimento de muitas espécies. Segundo dados da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) (FAO, 2012) 60% dos principais stocks comerciais de peixes marinhos estão em recuperação, sobre explorados ou esgotados.

O consumo de peixe e produtos aquáticos provenientes da aquacultura tem aumentado nos últimos anos, de tal forma que em 2015 cerca de 45% dos produtos aquáticos consumidos foram proveniente desta forma de cultura, assim foi a forma encontrada para assegurar o fornecimento deste tipo de proteína. Se considerarmos a quantidade de peixes e produtos aquáticos proveniente da aquacultura fica claro que esta tem os seus benefícios, contudo existem vários problemas associados. As aquaculturas apenas produzem produtos aquáticos, isto é apenas parte de uma dieta equilibrada, geram grande quantidade de resíduos, os peixes produzidos apresentam pouca variabilidade genética e são usados agentes antibacterianos para prevenir ou combater agentes patogénicos.

Atualmente, a aquaponia apresenta-se como uma solução viável aos métodos mais tradicionais, apresentando uma série de vantagens tanto ao nível de qualidade dos produtos obtidos, bem como da economia dos recursos que utiliza. Todavia, ainda é uma forma de cultivo desconhecida para a grande maioria da população Portuguesa. Contudo, observa-se um crescimento de popularidade e atenção relativamente à aquaponia como um método importante e potencialmente mais sustentável de produção de alimentos (Love et al., 2014). Dar a conhecer esta forma de produção de alimentos à população permitirá, por um lado chamar a atenção dos consumidores aumentando a confiança e o sentimento de segurança neste tipo de produtos e por outro lado chamar a atenção da indústria para produções mais sustentáveis.

¹ Dados do relatório das Nações Unidas

II.2 - Definição

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquacultura (produção de organismos aquáticos) e a hidroponia (produção de plantas sem solo) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Devido às suas características de sustentabilidade a aquaponia apresenta-se como uma verdadeira alternativa para a produção de alimentos de forma menos impactante para o meio ambiente (Diver, 2006).

A aquaponia funciona em sistema fechado, onde existe uma íntima inter-relação entre os resíduos dos peixes e os vegetais. Segundo Rackoy et al. (2006), a aquaponia sendo uma modalidade de cultivo integrado oferece uma série de benefícios, onde uma cultura secundária aproveita os subprodutos de uma cultura primária para o seu benefício e em benefício do meio. O modelo de aquaponia é composto essencialmente por três componentes: sistema de produção de peixe em fluxo contínuo, sistema de filtro biológico e hidroponia. Cada projeto tem as suas próprias características, contudo a técnica é estabelecida por um sistema de recirculação de água: a água proveniente da produção animal tem de ser tratada pelo filtro biológico de forma a transformar os desperdícios dos peixes em alimento para as plantas, posteriormente irriga as plantas e por fim retorna aos tanques. No entanto, a aquaponia requer conhecimentos para que funcione em pleno: o sucesso da sua aplicação exige a compreensão dos elementos biológicos envolvidos no sistema, visto que um sistema aquapónico em pleno funcionamento é um ecossistema. Segundo Hallam (2013) nenhum produto químico deve ser adicionado ou pulverizado, uma vez que os peixes morreriam. Uma forma de manter as pragas em valores mínimos é construir o sistema numa estufa, a utilização de sprays ecológicos e introduzir insetos benéficos; desta forma, eventualmente, um equilíbrio natural será alcançado. A aquaponia é totalmente orgânica.

A aquaponia é a integração bem-sucedida das disciplinas da aquacultura e da hidroponia. Esta nova disciplina tem muitas mais vantagens que as outras duas, permitindo uma relação de simbiose entre peixes e plantas.

A aquaponia é muito mais do que o cultivo integrado de peixes e plantas, é a criação de um ecossistema (Hallam, 2013).

Outra forma de definir aquaponia é a sugerida por Bernstein (2011): aquaponia é o cultivo de peixes e plantas juntos num ecossistema construído com recirculação, que utiliza ciclos naturais das bactérias para converter os resíduos produzidos pelos peixes em nutrientes para as plantas. Sendo ambientalmente ecológico, é um sistema

natural de crescimento de alimentos que aproveita os melhores atributos da aquacultura e hidroponia sem a necessidade de descartar qualquer quantidade de água, filtrado ou adicionar fertilizantes químicos.

Vejamos individualmente as componentes desta definição:

- “Cultivo” - é um sistema de agricultura para o cultivo de peixes e plantas para consumo humano.
- “Peixes e plantas juntos” – estas quatro palavras descrevem o coração da aquaponia. Se os peixes e as plantas não crescerem juntos, não se tem um sistema aquapónico.
- “Ecossistema” - é definido como “Conjunto das relações de interdependência, reguladas por condições físicas, químicas e biológicas, que os seres vivos estabelecem entre si e também com o meio ambiente em que habitam.” A aquaponia é um ecossistema de plantas, peixes e bactérias.
- “Ecossistema construído” - assim elimina-se as plantas que são cultivadas nas margens de lagos ou lagoas a partir da definição de aquaponia. Quando se está centrado na noção de ecossistema, deve-se construir um ecossistema que tem como objetivo cultivar peixes e plantas juntos.
- “Recirculação do ecossistema” - Este ecossistema construído também deve reter a água em recirculação sem que esta seja perdida. Esta é a razão pela qual a aquaponia usa tão pouca água em comparação com os sistemas que a geraram.
- “Utiliza ciclos naturais das bactérias para converter os resíduos produzidos pelos peixes em nutrientes para as plantas” - este fator é a chave para que a aquaponia funcione. As bactérias nitrificantes convertem os desperdícios dos peixes em alimento para as plantas, os peixes não tardariam a morrer nos próprios desperdícios e as plantas morreriam de fome por falta de nutrição.

Então por outras palavras, aquaponia é um sistema onde os peixes e as plantas crescem juntos simbioticamente, num sistema integrado. Os restos de ração não ingeridos e as fezes produzidas pelos peixes providenciam alimento para as plantas, e desta forma a água fica limpa e disponível para recirculação, voltando ao tanque dos peixes Wahap et al., (2010).

II.3 - Princípios Biológicos

A aquaponia propõe a reutilização total da água, evitando o desperdício e diminuindo significativamente a libertação de efluente no meio ambiente. O volume de água necessário para um sistema de aquaponia é muito baixo comparativamente aos sistemas tradicionais de agricultura e aquacultura, que envolvem irrigação diária e renovação constante de água, respetivamente. De acordo com Graber & Junge (2009), por cada quilograma de peixe produzido em aquacultura de confinamento, existe um desperdício de nutrientes que permitiriam produzir sete quilogramas de biomassa vegetal. Um sistema de aquaponia em pleno funcionamento só necessita de reposição da água que é perdida por evaporação e evapotranspiração.

A aquaponia utiliza apenas 10% da água requerida pelos métodos tradicionais de cultura de peixes e plantas (Hallam, 2013). Esta característica torna este sistema mais eficiente na utilização da água que a hidroponia, uma vez que os sistemas hidropónicos necessitam de renovações constantes da solução hidropónica de nutrientes. Filho (2000) salienta que a aquaponia apresenta-se como um sistema de criação de peixes “Intensivo com Recirculação de Água” (SIRA), cujas principais vantagens são o controlo da qualidade da água, a minimização dos resíduos orgânicos resultantes da aquacultura, a redução da proliferação de algas e fungos (que podem conferir sabor desagradável ao peixe), a possibilidade de obtenção de várias colheitas durante o ano.

Num sistema aquapónico o fornecimento de ração é essencial. Os peixes, ao alimentarem-se da ração, produzem excreções que posteriormente serão convertidas nos nutrientes que irão ser absorvidos pelas plantas. Na aquaponia, o fluxo de nutrientes entre diferentes organismos vivos, que se relacionam via ciclos biológicos naturais, é contínuo, de onde se destaca a nitrificação (ponto II.3.1) promovida pelas bactérias. As bactérias nitrificantes são responsáveis pela conversão da amónia (NH_3) em nitrito (NO_2^-) e deste em nitrato (NO_3^-), desta forma os compostos azotados tóxicos que são produzidos pelos peixes são transformadas em nutrientes que podem ser assimilados pelas plantas. O consumo dos nutrientes pelas plantas e a ação das bactérias são processos fundamentais para a filtração da água, garantindo as condições apropriadas para o desenvolvimento normal dos peixes (fig. 1).

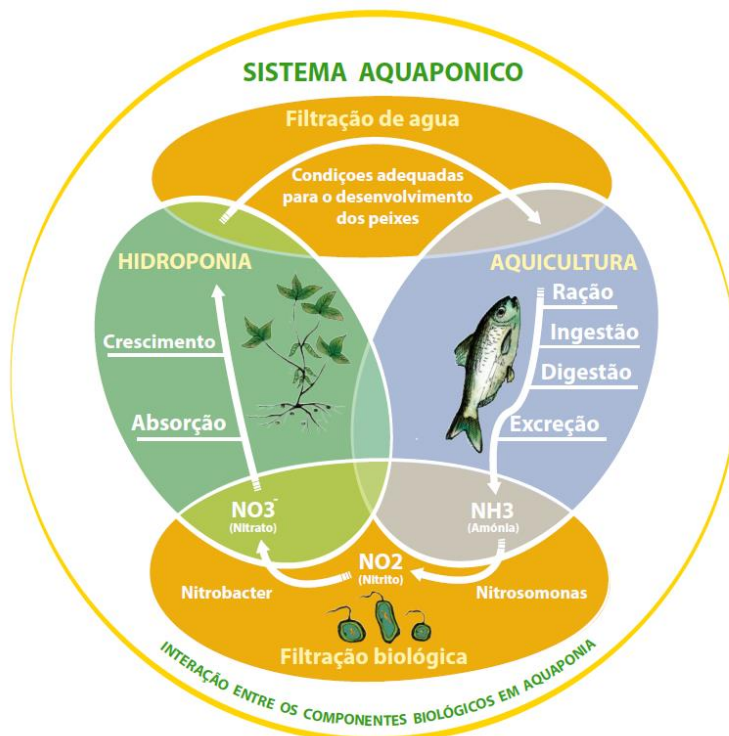


Figura 1 - Interação entre os componentes biológicos em aquaponia, imagem de Sílvia Ghitoc. (Aberta Nova)

É fundamental a compreensão e manipulação das colónias de bactérias em aquaponia, uma vez que o azoto é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas sendo o nitrato a forma preferida de absorção (Tokuyama et al., 2004). Estas bactérias surgem no filtro biológico de forma natural, todavia a sua presença pode ser estimulada adicionado por exemplo água de outro local onde se conheça a sua presença. Usualmente é necessário esperar 20 a 40 dias após a introdução dos peixes para que o ciclo de nitrificação se encontre em equilíbrio e seja possível o início da introdução das plantas no sistema. As bactérias heterotróficas estão presentes nos sistemas aquapónicos, estas bactérias não tem a capacidade de produzir o próprio alimento, desta forma obtém o seu alimento pela decomposição de matéria orgânica. A degradação de matéria orgânica pelas bactérias heterotróficas liberta energia. As bactérias heterotróficas disponibilizam energia para as plantas pelo consumo de carbono orgânico, desta forma torna-se evidente que também estas bactérias tem um papel importante nos sistemas aquapónicos. Contudo estas bactérias não conseguem degradar toda a matéria orgânica. Assim, de forma a evitar desperdícios de matéria orgânica e consequentemente aumentar a produtividade do sistema, devem ser adicionadas minhocas vermelhas para compostagem, nas camas de crescimento.

Segundo Hallam (2013), as minhocas são o “ingrediente secreto” em aquaponia. Para além de fazerem a digestão dos desperdícios sólidos e matéria morta das raízes,

ainda disponibilizam fertilizantes naturais.

Um dos pontos mais críticos em aquaponia é o pH, pelo que exige muita atenção dentro do sistema. Peixes, plantas, bactérias e minhocas são organismos muito distintos que partilham o mesmo meio. Para que o pH seja mantido numa faixa satisfatória para todos estes organismos é de extrema importância conhecer as necessidades de cada um individualmente. O pH recomendado para um sistema aquapónico deve variar entre 6,5 e 7,0 de forma a satisfazer todos os elementos biológicos presentes no sistema, uma vez que as bactérias nitrificantes tem pH ótimo no intervalo 7,0 e 8,0, já as plantas cultivadas em hidroponia crescem melhor num pH entre 5,5 e 6,5, por fim os peixes de água doce com interesse económico o pH ideal é 7,0 e 9,0 (Filho, 2000).

II.3.1- Nitrificação

A nitrificação é o processo pelo qual a amónia e o nitrito são removidos do sistema, através de oxidações sucessivas da amónia em nitrito e deste em nitrato. Este processo só é possível devido à existência de bactérias nitrificantes capazes de oxidar os compostos azotados, mais especificamente as *Nitrosomonas* sp. e *Nitrobacter* sp (Losordo et al., 1999). Estas bactérias caracterizam-se por serem aeróbicas e autotróficas, desta forma utilizam o CO_2 e o HCO_3^- como fonte de carbono e o O_2 como agente oxidante (Lekang, 2007).

A nitrificação sucede em duas fases diferenciadas. As bactérias *Nitrosomonas* sp. convertem amónia (NH_3 e NH_4^+) em nitrito (NO_2^-) e as *Nitrobacter* sp. transformam nitrito em nitrato (NO_3^-) (Losordo et al., 1999; Parker, 2012).

A taxa de eficiência da nitrificação é afetada e regulada por uma série de parâmetros abióticos, dos quais se destaca a concentração de amónia (Timmons, 2010).

Contudo, de forma a manter um filtro biológico em bom funcionamento haverá que ter em atenção os outros fatores. As bactérias nitrificantes são sensíveis a alterações bruscas de pH, são aeróbias pelo que o oxigénio dissolvido é um parâmetro a ter em conta e mostram-se mais eficientes à medida que a temperatura sobe, dado que aumenta a atividade bacteriana. A temperatura ótima é aproximadamente 30°C (Lekang, 2007).

II.4 - Componentes do sistema de aquaponia

Os sistemas podem ser construídos no exterior, numa divisão de uma casa ou numa estufa. A escolha pelo local deve ter em conta diversos fatores.

- **Exterior** – nalguns países em que as variações de temperatura não são muito grandes a grande desvantagem é o controlo de insetos e pestes. Quando se pensa em Portugal, existem mais uma série de pontos a ter em conta, nomeadamente a temperatura e presença de geadas que tornam impossível o cultivo de algumas espécies de plantas e peixes.
- **Numa divisão da casa** – neste caso tem-se um maior controlo de fatores como a temperatura e insetos. Contudo é importante ter em atenção outro fator muito importante, a luz. Tratando-se de uma zona em que existe pouca luz natural, então de forma a combater essa deficiência, tem de ser adicionada luz artificial, o que vai acrescentar um custo.
- **Em estufa** – esta é a melhor opção, uma vez que permite maior controlo de todos os fatores e acesso a luz natural, pelo que a única desvantagem será os custos de construção da mesma.

II.4.1 - Canalização

Em aquaponia a água e os nutrientes nela dissolvidos movimentam-se através de um sistema de recirculação. Para que a água e os nutrientes circulem pelo sistema é necessário existir uma força impulsionadora, força essa obtida recorrendo a uma bomba. São ainda necessários tubos para fazer a ligação entre os diferentes componentes do sistema.

Uma forma simples de perceber é imaginar o sistema à imagem do nosso sistema circulatório, isto é a bomba é o coração, os tubos são as veias e artérias e, por fim, a água é o sangue. Desta forma, tal como no corpo humano, um sistema aquapónico morrerá rapidamente se a bomba deixar de funcionar ou se esta estiver mal dimensionada, tubos entupidos ou o mecanismo de sincronismo irregular.

❖ A bomba

Existem variados tipos de bombas, de vários tamanhos, potência, submersíveis ou não, entre outras variações. Aquando da escolha da bomba deve-se ter sempre em

atenção as necessidades do sistema, isto é, a bomba deve ter potência suficiente para que a água no tanque tenha um bom movimento. Normalmente os sistemas só necessitam de uma bomba, contudo quando se trata de grandes sistemas comerciais frequentemente esse número aumenta tanto quanto a necessidade de potência. No sistema deve-se ter sempre uma segunda bomba pronta a utilizar caso a bomba primária falhe ou precise de manutenção. As bombas geralmente são descritas com base em dois parâmetros: caudal e pressão.

❖ Os tubos

Maioritariamente os tubos utilizados em aquaponia são de PVC (Policloreto de vinila) ou CPVC (policloreto de vinila clorado) uma vez que são seguros para a produção de alimentos, duráveis, não enferrujam, amplamente disponíveis, fáceis de cortar e não são demasiado caros. A estas vantagens alia-se o facto de existir uma enorme variedade de acessórios prontamente disponíveis, tais como válvulas, cantos, tampas, juntas, T's, entre outros.

Os tubos podem ser enroscados ou encaixados e os acessórios para tubos são organizados por conectores macho e fêmea. As extremidades dos acessórios dos tubos são ligeiramente maiores do que o resto do tubo para acomodar as ligações sem restringir o diâmetro interno do tubo. Isto faz com que o fluxo de água seja consistente. O uso de colas para juntas dos tubos devem ser evitadas, utilizando-se apenas em caso de absoluta necessidade.

II.4.2 - Água

A água deve ser mantida com as condições favoráveis para que os peixes cresçam saudáveis: a uma temperatura adequada, livre de toxinas e com abundância de oxigénio.

❖ Origem da água

Dependendo de qual seja a fonte da água a ser utilizada, existirão diferentes aspetos a ter em conta.

- **Água municipal** - Os municípios tendem a preocupar-se com a corrosão ácida dos tubos domésticos, normalmente a água que sai da maioria das torneiras domésticas apresenta um pH acima de 7 (neutro). Certamente

também contém cloro, facilmente removível, para isso basta encher o tanque, ligar a bomba e deixar a água circular pelo sistema por um a dois dias. O cloro vai deixando a água naturalmente, contudo se se adicionar oxigenação o processo é mais rápido. Durante este processo o pH vai oscilar, por isso neste ponto não se deve fazer nada em relação ao mesmo, só após a água estar livre do cloro.

Uma outra forma de retirar o cloro da água é comprar um filtro de decoloração e instalá-lo em linha na torneira de abastecimento. Com este filtro colocado na torneira de abastecimento não há problema em encher diretamente os tanques, pois o cloro é removido pelo filtro.

Se a água municipal for tratada com cloramina, então a utilização dessa água terá de ser mais cuidadosa porque a cloramina é mais difícil de eliminar. Apesar da luz solar (raios UV) poder eliminar a cloramina, caso se pretenda utilizar água tratada com cloramina recomenda-se que esta seja filtrada por um filtro de carvão ativado ou filtro de UV antes de se encher os tanques.

- **Água da chuva e água dos aquíferos subterrâneos** – A água da chuva é uma excelente fonte de abastecimento para os sistemas uma vez que é relativamente pura e livre de cloro e cloraminas. Contudo o uso desta fonte de água só é possível para pequenos sistemas uma vez que seria impossível abastecer um sistema industrial devido às suas dimensões. Além disso o facto do abastecimento de água estar dependente de chover torna necessário ter um sistema para a armazenar.

Outra boa fonte de água a considerar é a proveniente dos aquíferos subterrâneos, contudo é importante fazer análises, uma vez que a maioria tem uma variedade de minerais, alguns dos quais podem não ser benéficos para o sistema. Um ponto a ter em atenção é o facto de esta água muitas vezes conter altos teores de dióxido de carbono, recomendando-se por isso arejar bem a água por um par de dias antes de usá-la no sistema.

II.4.3 – Parâmetros Físico – Químicos

Em geral, quando se menciona os parâmetros de qualidade da água refere-se a todas as características físicas, químicas e biológicas da água que a tornam adequada para uma utilização específica. A água possui elementos e compostos químicos, que

podem ser tóxicas quando presentes em elevadas concentrações para os seres vivos que nela habitam. Contudo, a inexistência de determinados compostos na água poderá igualmente ser prejudiciais para os organismos. Portanto, a qualidade da água tem um grande grau de influência nos organismos que nela habitam.

II.4.3.1 – Temperatura

A temperatura é um fator importante uma vez que afeta diretamente o metabolismo de todos os organismos (Alatorre-Jácome *et al.*, 2017).

Os peixes são heterotérmicos, pelo que o aumento da temperatura da água provoca um rápido aumento do metabolismo, o que vai afetar o crescimento, desenvolvimento e reprodução. Portanto, os peixes devem ser mantidos à temperatura ótima ou próxima, para que o seu crescimento seja rápido, tenham uma conversão alimentar eficiente e sejam resistentes a agente patogénicos.

Os peixes toleram mais facilmente um aumento abrupto de temperatura do que uma descida súbita (Fisher, 2000). Independentemente disso, aumentos ou reduções rápidas de temperatura provocam stresse, o que compromete o bem-estar.

A temperatura está relacionada com outros fatores que promovem alterações da qualidade água. Com o aumento da temperatura a taxa metabólica dos organismos (peixes, bactérias, minhocas e plantas) aumenta isso reflete-se num aumento do consumo de oxigénio e aumento da emissão de CO₂, alterando dessa forma as concentrações desses gases dissolvidos na água (Alatorre-Jácome *et al.*, 2011).

Nos peixes o aumento de temperatura, provoca um aumento da excreção de amónia, a qual é tóxica em elevadas concentrações (Alatorre-Jácome *et al.*, 2011).

Também as colónias de bactérias nitrificantes são afetadas pelas alterações de temperatura, o que faz com que o biofiltro seja significativamente afetado. Contudo, para sistemas de recirculação de água (RAS) quente, geralmente, não se verifica esse problema (Masser *et al.*, 1999).

Recorrendo a resistências (para aquecimento) e sistemas de refrigeração (para arrefecimento) controla-se a temperatura da água dos sistemas.

II.4.3.2 – Oxigénio dissolvido

O oxigénio dissolvido na água do sistema é fundamental para que os peixes respirem, mas não só, o oxigénio também é indispensável para as raízes das plantas, bactérias e minhocas. Assim fica claro que a quantidade de oxigénio dissolvido

influencia a forma como o sistema vai funcionar, isto é, se o sistema não estiver bem oxigenado todos elementos biológicos poderão ter um crescimento reduzido ou mesmo morrerem. O oxigénio dissolvido ou OD é medido em partes por milhão (ppm), peso por volume (mg/l) ou percentagem de saturação. O ponto de saturação é a quantidade máxima de oxigénio que pode ser dissolvido na água, o qual varia com três fatores (Fisher, 2000):

- ❖ **Temperatura** – quanto mais alta for a temperatura menor a quantidade de oxigénio dissolvido.
- ❖ **Altitude e pressão atmosférica** – quanto menor a altitude maior a quantidade de oxigénio dissolvido, uma vez que a pressão atmosférica aumenta para baixas altitudes.
- ❖ **Salinidade** – o oxigénio dissolvido diminui com o aumento da salinidade.

A ocorrência de algas nos tanques pode provocar consequências devastadoras, uma vez que estas tem um rápido crescimento e consomem muito oxigénio, pois durante a noite tem a capacidade de reverter a sua abordagem de troca gasosa, absorvendo oxigénio e libertando dióxido de carbono. Portanto as algas conseguem consumir tanto oxigénio que este pode chegar a um ponto crítico.

Uma forma fácil de adicionar oxigénio à água é fazer com que exista movimento à superfície, quanto maior for o distúrbio à superfície mais oxigénio se está a adicionar ao tanque. Os peixes extraem o oxigénio da água por difusão positiva através das brânquias, verificando-se um gradiente de concentração positivo da água para o sangue do animal (MacIntyre *et al.*, 2008).

Quando a quantidade de OD é inferior às necessidades dos peixes, estes passam a ter dificuldades ao nível da respiração celular, o que se traduz numa redução da taxa de crescimento, da taxa de conversão de alimento e da mobilidade (Alatorre-Jácome *et al.*, 2011; MacIntyre *et al.*, 2008). Em condições de hipoxia, os peixes apresentam o comportamento característico de natação à superfície da água ou movimentam-se próximo de uma fonte de aerificação (Masser *et al.*, 1999).

Em caso de dúvida dos requisitos de oxigénio da espécie de peixes que se pretende utilizar é preferível ter sempre mais do que menos oxigénio. É muito difícil ter demasiado oxigénio dissolvido, o mais provável é este estar em défice do que próximo do ponto de saturação.

Contudo pode acontecer ter demasiado OD. Demasiado OD no tanque pode causar uma doença nos peixes, a que se dá o nome “ Doença das bolhas de gás”.

Considera-se que a concentração de OD dissolvido deverá ser no mínimo de 5ppm (Masser *et al.*, 1999). Em geral os níveis de oxigénio nos tanques de produção

dos peixes devem estar acima de 6ppm, sendo que a maioria dos peixes ficarão stressados a 3ppm e morrerão abaixo de 2ppm.

A concentração de OD também é muito importante para a eficiência do filtro biológico pois as bactérias nitrificantes tornam-se ineficazes quando a concentração de OD é inferior 2ppm (Interdonato, 2012). Torna-se ainda mais importante a quantidade de OD, devido ao facto de as bactérias anaeróbicas desnitrificantes poderem proliferar consumindo os nitratos essenciais para as plantas e transformando-os em azoto. É essencial a constante aerificação da água de forma a que a concentração de oxigénio dissolvido se mantenha em níveis satisfatórios para peixes, bactérias e plantas.

II.4.3.3 – Amónia

A amónia é o principal composto azotado excretado pelos peixes, maioritariamente através das brânquias, consequência do catabolismo das proteínas do alimento (Fisher, 2000; Losordo *et al.*, 1998). Assim, a quantidade de alimento fornecido influencia diretamente a quantidade de amónia presente na água (MacIntyre *et al.*, 2008). Os restos não ingeridos de ração e a decomposição de matéria orgânica são fontes adicionais de amónia (MacIntyre *et al.*, 2008). A concentração da amónia na água depende da temperatura e do pH, estando presente em equilíbrio sobre duas formas: não ionizada (amoníaco, NH_3) e ionizada (ião amónia, NH_4^+), onde a primeira é muito mais tóxica do que a segunda (Alatorre-Jácome *et al.*, 2011; MacIntyre *et al.*, 2008). Por cada unidade de pH que aumenta, a amónia não ionizada (NH_3) aumenta cerca de 10 vezes (Durborow *et al.*, 1997).

A concentração de amónia é usualmente expressa como TAN^2 (Total Ammonia Nitrogen), referindo-se apenas ao azoto contido nas formas NH_3 e NH_4^+ (MacIntyre *et al.*, 2008). A amónia não ionizada (NH_3) é altamente solúvel em água e extremamente tóxica para os peixes. As intoxicações agudas de amónia afetam o sistema nervoso dos peixes originando distúrbios neurológicos, natação errática, perda de equilíbrio, convulsões e morte (MacIntyre *et al.*, 2008). Por sua vez as intoxicações crónicas resultam em hiperplasia e hipertrofia das lamelas branquiais, reduzindo a capacidade das trocas gasosas e as funções de osmorregulação (Fisher, 2000; MacIntyre *et al.*, 2008). De forma a manter a concentração de amónia em níveis seguros a mesma deve ser removida da água do sistema à mesma velocidade que é produzida, isto é o filtro

² $\text{TAN} = \text{NH}_3\text{-N} + \text{NH}_4^+\text{-N}$

biológico deve ser capaz de transformar a amónia produzida em nitratos à mesma velocidade que a amónia é produzida.

II.4.3.4 – Nitrito

O nitrito (NO_2^-) é um composto azotado que pode ser encontrado em sistemas RAS cuja concentração pode ser elevada caso haja sobrealimentação, densidade exagerada de animais por tanque, ou um filtro biológico ineficaz e/ou desajustado à carga azotada produzida, onde a taxa de conversão da amónia em nitrito é superior à conversão do nitrito em nitrato (Masser *et al.*, 1999). Apesar de o nitrito não ser tão tóxico como a amónia (NH_3), este é prejudicial não devendo, por isso, exceder os 0,5 mg/l (Parker, 2012).

O efeito fisiológico do nitrito nos peixes resume-se fundamentalmente à sua reação com a hemoglobina (Alatorre-Jácome *et al.*, 2011). O nitrito ao ser absorvido entra na corrente sanguínea, combina-se com a hemoglobina e forma metahemoglobina. A metahemoglobina não tem a capacidade de se ligar ao oxigénio e promover o seu transporte eficiente, pelo que a oxigenação celular fica comprometida (Masser *et al.*, 1999; Losordo *et al.*, 1997). Assim os peixes entram em hipoxia, ficando o sangue acastanhado, daí o nome pelo qual é conhecida esta anemia, “doença do sangue castanho” (Masser *et al.*, 1999).

De forma a evitar problemas o regime alimentar deve ser controlado, bem como o funcionamento do filtro biológico, isto é a sua eficiência na conversão de nitrito em nitrato, pois a prevenção é a melhor forma de evitar problemas. Caso se detetem níveis elevados de nitritos devem ser adotadas medidas rapidamente, tais como: cessar a alimentação, fazer trocas parciais de água e/ou adicionar sal (NaCl). O cloro (Cl^-) ao competir com o nitrito (NO_2^-), permite evitar a entrada do nitrito no sangue e consequentemente a sua ligação à hemoglobina, evitando a acumulação de nitritos para níveis perigosos (Masser *et al.*, 1999; Losordo *et al.*, 1998).

II.4.3.5 – Nitrato

O nitrato resulta da oxidação biológica do nitrito, processo efetuado pelas bactérias nitrificantes do género *Nitrobacter* sp. (Fisher, 2000). Devido ao facto da maioria dos animais aquáticos conseguirem tolerar concentrações elevadas de nitrato (superiores a 200mg/l), este composto azotado é muitas vezes considerado não-tóxico

e normalmente negligenciado (Alatorre-Jácome et al., 2011). O baixo grau de toxicidade do nitrato nos animais aquáticos deve-se ao facto do epitélio branquial ter baixa permeabilidade ao nitrato, pelo que poucos estudos têm sido concentrados na toxicidade dos nitratos (Camargo *et al.*, 2005). Contudo, alguns estudos mais recentes (Rodrigues et al., 2011; van Bussel et al., 2012; Davidson et al., 2014; Pereira et al., 2017) têm evidenciado que níveis relativamente elevados de nitrato, que podem ocorrer na água de cultivo, podem ter efeitos sub-letais negativos com impacto no crescimento e saúde dos peixes, pelo que se recomenda a monitorização deste composto.

II.4.3.6 – pH

O pH (potencial hidrogeniónico) é uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade presente numa determinada solução. Consiste na medição da concentração dos iões hidrogénio (H^+) presentes em solução. Peixes toleram uma ampla gama de pH (5 a 10,5) (Parker, 2012). Contudo o pH ótimo varia de espécie para espécie. Em sistemas de água doce o pH deverá estar entre 6,5 e 7,5 (Fisher, 2000; Parker, 2012). As variações de pH podem ser controladas através da utilização de compostos químicos.

II.4.4 – Ambiente para a produção de peixes

Em sistemas aquapónicos normalmente são utilizados tanques como meio para o crescimento dos peixes. Os tanques apresentam muitas variações de forma, volume e tipos de materiais, todavia como se trata de um ambiente para a produção de alimento os materiais utilizados tem de ser escolhidos de forma cuidadosa, isto é, não podem libertar substâncias tóxicas para o meio de cultura.

Um fator muito importante é o fluxo de água no interior do tanque, pelo que é necessário ter em atenção a taxa de renovação bem como a sua velocidade. A velocidade deve ter em conta dois princípios: ser suficiente para ajudar a eliminação das fezes produzidas pelos peixes e, ao mesmo tempo, não ser demasiado elevada de forma a evitar esforço natatório por parte dos mesmos e consequentemente, prejudicar o crescimento e bem-estar dos peixes.

- ❖ **Temperatura** - Os peixes são poiquilotérmicos (ou também designados por ectotérmicos), isto é são animais de “sangue-frio”, não têm mecanismos para

controlar a temperatura interna do seu corpo, pelo que a taxa do seu metabolismo depende da temperatura do meio externo. Esta característica faz com que os peixes sejam muito eficientes na utilização da energia para crescer. Dependendo da temperatura no meio natural, diferentes peixes têm diferentes requisitos de temperatura da água de cultivo.

- ❖ **Filtros de sólidos** - Em aquaponia de grande escala é necessário recorrer a sistemas suplementares para separação dos resíduos sólidos de forma a evitar o entupimento. Procura-se separar os restos sólidos da ração, fezes dos peixes, colónias mortas de bactérias e algas filamentosas. A acumulação dos resíduos sólidos pode entupir o filtro, a canalização, as saídas de água e as bombas. Os filtros mais eficientes são os que utilizam os princípios da centrifugação e decantação (Filho, 2000; Losordo et al., 1998).
- ❖ **Sistema de aerificação** - Na aquaponia, a aerificação é exigida não só pelos peixes, mas também pelas raízes das plantas e pelas bactérias nitrificantes do filtro biológico. A aerificação deve ser promovida diretamente na água dos tanques de criação dos peixes e também no ambiente de cultivo dos vegetais quando se tratar do ambiente flutuante.

II.4.5 – Ambiente para produção de plantas

❖ **Filtros Biológicos**

Posteriormente à filtração mecânica é necessário recorrer a uma filtração biológica, uma vez que a amónia e o nitrito são tóxicos para os peixes.

1. Em sistemas pequenos e médios os desperdícios sólidos dos peixes são bombeados para as camas de crescimento juntamente com os resíduos líquidos. As bactérias aeróbicas juntamente com as minhocas adicionadas às camas de cultivo vão converter estes desperdícios, funcionando a cama de crescimento como filtro biológico.
2. Em sistemas industriais a água proveniente dos tanques primeiramente atravessa um filtro de sólidos, para retirada de partículas em suspensão e matéria orgânica, uma vez que interferem negativamente na nitrificação (Interdonato, 2012). Posteriormente atravessa o filtro biológico. Para a construção deste filtro biológico podem ser utilizados diferentes materiais, os quais são caracterizados por possuírem uma elevada área

superficial para permitirem que uma elevada quantidade de bactérias aeróbias se fixe e prolifere de forma a processar produtos azotados e carbónicos dissolvidos na água que o vai atravessando (Interdonato, 2012).

Os substratos utilizados no filtro biológico são as biobolas, areia, fragmentos de rochas, pequenos grânulos de plástico ou de cerâmica, anéis de plástico ou redes *nylon* (Losordo et al., 1999).

❖ Temperatura

Normalmente a temperatura do ar é o principal fator associado ao crescimento nas plantas, todavia a temperatura na zona radicular tem maior influência no crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo (Diver, 2002) investigações mostraram que se se mantiver uma temperatura ótima na zona radicular, a temperatura do ar da estufa pode ser reduzida até aos 8°C sem que a produtividade seja afetada.

Em aquaponia a temperatura da água na zona radicular varia em função da temperatura da água do tanque dos peixes.

- Água fria – se a espécie de peixe produzida é de água fria, então só se pode cultivar um número limitado de espécies de plantas, isto é só crescem plantas de estação fresca.
- Água quente – quando se produz peixes de água quente, consegue-se manter uma temperatura de água que é compatível com a maioria das plantas.

❖ Meios de cultura

1. DWC (deep water culture), floating, raft ou cultivo flutuante - Empregado normalmente em sistemas de aquaponia de média ou grande escala. Os sistemas flutuantes são geralmente utilizados na produção de folhosas (ervas aromáticas, alface, rúcula, entre outras), onde as plantas ficam apoiadas nas placas de poliestireno com orifícios espaçados entre si. Sistema com grande volume de água, o que lhe atribui maior estabilidade relativamente aos parâmetros físico-químicos como pH e temperatura. O oxigénio dissolvido na água deve ser elevado e estar distribuído de forma homogénea, devido às necessidades de oxigénio das bactérias nitrificantes e ao facto de as raízes encontrarem-se permanentemente

submersas.

2. NFT (*nutrient film technique*) ou fluxo laminar de nutrientes - A produção pelo método do fluxo laminar de nutrientes é o método mais utilizado para a produção de vegetais em hidroponia (Resh, 2013). No sistema NFT não é necessário colocarem-se materiais dentro dos canais (pedras, areia, vermiculita, argila expandida), pelo que dentro dos canais encontra-se somente as raízes e a solução nutritiva. Normalmente estes canais estão dispostos em bancadas, sendo uma mais-valia no manuseamento, colheita e limpeza. O sistema é constituído por vários canais (tubos de PVC), dispostos paralelamente, com inclinação para que a passagem da água ocorra por gravidade. Os resíduos sólidos presentes na água, provenientes dos tanques de produção dos peixes, têm de passar por um sistema de filtragem de sólidos antes de entrar na produção de vegetais. Desta forma os resíduos sólidos não se depositam nas raízes, contribuindo para uma melhor absorção de nutrientes e melhor oxigenação. Segundo Hallam (2013) uma das grandes desvantagens é a falta de estabilidade da temperatura da água, podendo variar 5°C desde o ponto de entrada até ao ponto de saída.

3. Media-filled bed, gravel bed ou cultivo em cascalho - Uso de substrato com uma relação elevada de superfície/ volume, como por exemplo argila expandida, rochas vulcânicas, areia grossa, perlite, brita, entre outros. Este ambiente também funciona como filtro biológico, uma vez que, para além de ser o meio de suporte para as plantas, é colonizado por bactérias nitrificantes, daí a importância da elevada relação superfície/volume pois o aumento do número destas colónias aumenta a eficiência do processo de nitrificação da amónia produzida pelos peixes. A água proveniente do tanque de produção dos peixes é bombeada para o ambiente de produção das plantas e esta retorna por gravidade através de um sifão, proporcionando desta forma a constante oxigenação das raízes e das colónias de bactérias.

II.5 – Os peixes

“ Os peixes são claramente o coração e a alma do sistema aquapónico”. Na verdade não são muito exigentes comparativamente com o que proporcionam, isto é, em troca de oxigénio, água, temperatura, pH e alimento, os peixes dão vida às plantas, (Bernstein, 2011).

O sistema providência de forma automática a filtração. A temperatura e pH da água são mais estáveis em grandes quantidades de água. A probabilidade de ocorrência de doenças é muito mais baixa em aquaponia, acreditando-se que as raízes das plantas fornecem antibiótico natural (Bernstein, 2011).

❖ Quantidade de peixe que podemos inserir no sistema.

A quantidade de peixes a introduzir no sistema varia consoante o tipo de sistema:

- Sistemas pequenos e médios – geralmente a regra para sistemas caseiros é 500g de peixes para 20 a 40 litros de água.
- Sistemas industriais – são constantemente monitorizados por profissionais e utilizam tecnologia muito mais avançada, o que permite densidades mais elevadas, de até 500g de peixe para 6 litros de água.

❖ Espécies de peixes a utilizar.

A alta densidade de peixes é uma característica comum em sistemas de aquaponia, sendo um fator limitante das espécies ideais para produção. As espécies devem, por isso, ser tolerantes a altas densidades e ao manuseamento frequente.

Outros pontos a considerar são a temperatura de crescimento e a salinidade, tendo em atenção que as plantas a cultivar não toleram exposição crónica ao sal.

Dependente do sistema a utilizar, deve-se ainda considerar:

- Sistemas pequenos e médios – a escolha das espécies de peixes deve ter em conta as dimensões do tanque e se se pretende que este peixe seja fonte de alimento ou apenas ornamental.
- Sistemas industriais – deve ter em conta a procura no mercado. A criação de peixes ornamentais também constitui uma opção rentável. Por exemplo a carpa colorida, também conhecida como Koi ou Nishikigoi, é uma espécie muito resistente às variações dos parâmetros de qualidade da água bem como às altas densidades.

II.5.1 - Hábitos alimentares

A quando da escolha da espécie de peixe é importante considerar os seus hábitos alimentares, carnívoro ou omnívoro:

- Carnívoro – o alimento para os peixes carnívoros é difícil de produzir na própria unidade de aquaponia, recorrendo-se a alimento comercial de elevada qualidade. Pelo facto de serem carnívoros, têm tendência para morder os outros peixes, principalmente os mais jovens. Isto significa que não devem ser misturados com outras espécies e que devem ter todos aproximadamente o mesmo tamanho.
- Omnívoros – geralmente coexistem bem com elementos da mesma espécie e com outras espécies de omnívoros. Como têm uma alimentação muito variada é possível produzir essa alimentação na própria unidade de aquaponia, o que permite reduzir substancialmente os custos e evitar potenciais contaminações por via do alimento comercial.

Independentemente do tipo de dieta, os peixes adaptam o seu metabolismo em função da quantidade de alimento disponível.

Quando se pretende um crescimento mais rápido ou a quantidade de peixe é insuficiente em função das plantas, então devem ser adicionados mais peixes de forma a aumentar a carga azotada.

Nas unidades de aquacultura industriais os peixes são alimentados a cada hora, de forma a que para peixes adultos a ração fornecida por dia corresponda a aproximadamente 1% do seu peso, e 7% no caso de peixes juvenis.

Em pequenos e médios sistemas é comum a alimentação ser efetuada manualmente, o que é uma mais-valia pois o tratador tem assim uma boa oportunidade para avaliar os comportamentos dos peixes, o que é muito importante pois normalmente o primeiro sinal que algo não está bem com os peixes é eles deixarem de se alimentar. Nos sistemas industriais a alimentação normalmente é feita por alimentadores automáticos, devido às dimensões das estruturas.

II.5.2 – Onde adquirir os peixes

Dependendo do tipo de peixes que se pretende a sua aquisição pode ser mais ou menos fácil.

Peixes ornamentais facilmente podem ser encontrados em lojas de animais, no

caso da escolha ser Koi ou Nishikigoi estas podem ser adquiridas em lojas especializadas ou em sites.

Quando a escolha é peixes para consumo, o processo é mais exigente. Primeiro é aconselhável obter informações sobre quais as espécies permitidas por lei. Após escolhida a espécie, a obtenção dos animais pode ser feita diretamente numa piscicultura/maternidade ou através de um vendedor na internet.

II.6 – As plantas

A seleção de plantas tem como prioridade as preferências do mercado alvo, uma vez que é possível desenhar o sistema de aquaponia para produzir praticamente qualquer vegetal incluindo árvores de tamanho médio. O desenho do sistema tem de ter em conta as necessidades e as limitações das plantas selecionadas, bem como o espaço, nutrição, aerificação, hidratação, temperatura, entre outros.

Segundo Bernstein (2011), a questão a fazer é “o que não se pode produzir em aquaponia?”, uma vez que essa lista é muito pequena; segundo o autor as únicas plantas que não crescem bem em aquaponia são as que requerem um pH muito abaixo ou muito acima de 7 (neutro).

Espécies e variedades vegetais adaptadas à hidroponia são sempre indicadas para a aquaponia, uma vez que a maioria delas tem crescimento ótimo a pH de 5,8 e 6,2, toleram altos teores de água e variações significativas nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar sintomas de deficiência nutricional (Rackoy, 2007).

- **Sementes** - Iniciar um sistema aquapónico com sementes é sempre a forma mais económica, contudo podem sempre ser adquiridas plântulas. Os milhares de sementes que existem podem ser encontradas em viveiros ou na Internet.
- **Doenças** - Quando o sistema se encontra em pleno funcionamento, mas as plantas não parecem saudáveis, isto é não estão a crescer bem e/ ou as folhas estão amareladas, enroladas ou a cair, é preciso descobrir qual o problema. Os problemas mais frequentes são os insetos ou deficiência de nutrientes, contudo é importante ter noção que existem inúmeros fatores. Em sistemas aquapónicos as plantas normalmente tendem a não ter doenças. De facto os investigadores pensam que as bactérias benéficas e microrganismos que se encontram em grande número nos sistemas aquapónicos ajudam as plantas no combate a

doenças.

II.6.1 – Disponibilidade de água

Quando olhamos para a agricultura tradicional, a disponibilidade de água é sempre algo a ter em conta, uma vez que dependendo da época do ano os solos necessitarão de ser mais ou menos irrigados.

Em oposição, nos sistemas de aquaponia as raízes são ricamente oxigenadas pelos altos níveis de oxigénio dissolvido na água.

Nestes sistemas as plantas desenvolvem um sistema radicular menor, uma vez que a água e oxigénio estão sempre disponíveis. Desta forma têm menos gastos energéticos com o crescimento radicular, o que se traduz em mais energia disponível para o crescimento foliar e dos frutos.

II.6.2 – Nutrição

As plantas necessitam de 16 macro e micronutrientes para crescerem saudáveis, isto é manterem as suas funções metabólicas. O oxigénio (O_2), hidrogénio (H) e carbono (C), são retirados do ar e da água. Os restantes 13 elementos podemos dividi-los em:

- **Macronutrientes:** cálcio (Ca), azoto (N), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S).
- **Micronutrientes:** boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdénio (Mo), zinco (Zn) e alumínio (Al).

Na natureza e nas culturas que utilizam o solo, os nutrientes são obtidos pela decomposição de matéria de origem vegetal e animal, através de um processo denominado de mineralização. A mineralização é a transformação da matéria orgânica em elementos minerais (inorgânicos) pela ação de microrganismos.

Em sistemas hidropónicos os nutrientes são fornecidos na forma mineralizada, em misturas otimizadas. Os níveis de nutrientes são frequentemente monitorizados, mas a cada duas a três semanas toda a solução de nutrientes tem que ser retirada e substituída.

Em sistemas aquapónicos as plantas obtêm os nutrientes necessários para o seu metabolismo através dos desperdícios dos peixes. Os desperdícios dos peixes podem ser bombeados diretamente para as camas de cultivo, onde as bactérias e as minhocas vão fazer a mineralização, consequentemente os minerais ficam disponíveis

para as plantas. Em aquaponia a solução nunca precisa de se substituída uma vez que a água proveniente dos tanques de criação dos peixes é rica em nutrientes, resultado da alimentação e respiração dos peixes. Do processo alimentar vão ser gerados desperdícios, pelas fezes produzidas e pelos restos de alimentação não consumida. A amónia é o produto de excreção resultante da respiração dos peixes. Ambos os processos, respiração e alimentação vão gerar resíduos que estão continuamente a ser digeridos e transformados pelas bactérias e minhocas. A capacidade do sistema de aquaponia para converter resíduos dos peixes em alimento vegetal está inteiramente dependente da saúde e maturidade das suas populações de bactérias e minhocas. Com o tempo as colónias de bactérias e minhocas ficam mais estáveis e consequentemente as camas de cultivo mais produtivas.

“ O sistema aquapónico tem uma capacidade intrínseca de autorregulação e equilíbrio na solução de nutrientes” (Savidov, 2005).

II.6.5 – Suplementação de nutrientes

Num sistema aquapónico que tem a densidade de peixes correta, e estes são alimentados com alimentos de alta qualidade, em que os restos de alimento não ingerido e as fezes dos peixes estão com as proporções corretas e o filtro biológico é eficiente, o resultado é a obtenção de nutrição correta para as plantas. Se as plantas apresentam sinais de carências em nutrientes, então o problema está no pH, uma vez que as plantas só conseguem absorver certos nutrientes dentro de certos intervalos de pH. Na figura 2, podem ser observados os diferentes níveis de nutrientes disponíveis a diferente pH. Verifica-se, assim, que a quantidade de nutrientes disponíveis para pH 6,8 – 7,0 (recomendado) é superior à quantidade de nutrientes disponíveis em pH 6,0 ou 8,0, por exemplo.

A deficiência em ferro (Fe) é a mais comum em aquaponia. A partir de pH superior 7,0 a quantidade de ferro disponível diminui drasticamente, como se pode observar na figura 2. A este fenómeno dá-se o nome de “bloqueio de nutrientes”.

Quando existe uma deficiência em Fe e se constata que o pH é inferior a 7,0 é importante avaliar a densidade de peixes no tanque bem como o tipo de alimento fornecido. “ Eu acredito convictamente que o único suplemento que um sistema aquapónico bem executado deve precisar é possivelmente carbonato de cálcio e carbonato de potássio para manutenção do pH” (Bernstein, 2011). Quando a prática recorrente é contar com aditivos para que o sistema aquapónico funcione, então na

realidade não passa de um sistema hidropónico onde crescem peixes. Contudo é frequente o uso de um par de aditivos em aquaponia, especialmente nos primeiros meses, quando o sistema ainda é jovem. O primeiro aditivo adicionado é o ferro quelatado, que é inofensivo para os peixes e pode resolver rapidamente um problema de deficiência de ferro. Em aquaponia bio estimulantes líquidos obtidos a partir de algas também são frequentemente adicionadas em pequenas quantidades de forma a garantirem que não existem quaisquer deficiências de micronutrientes.

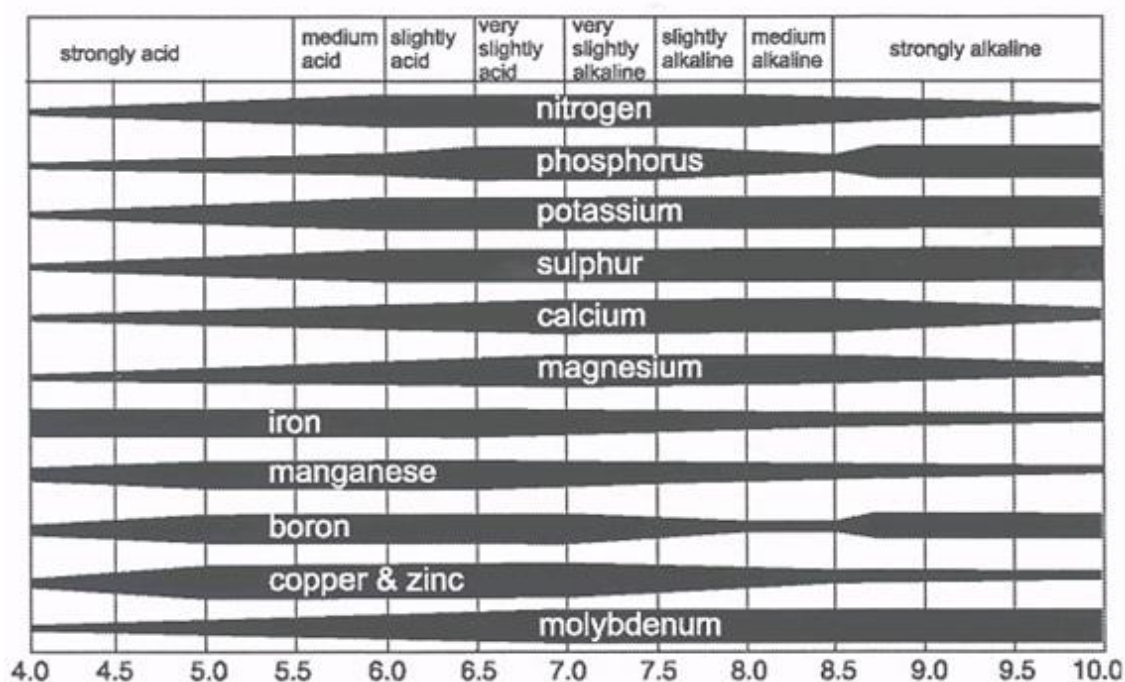


Figura 2 – Representação da quantidade de nutrientes que está disponível a cada nível pH, (Bernstein, 2011)

II.6.6 – Controlo de pragas

São consideradas pragas todos os animais que em diferentes situações possam gerar: doenças, ameaças à saúde, bem-estar e prejuízo económico.

Em aquaponia os problemas com insetos são muito menores quando comparados com a agricultura tradicional, uma vez que a grande maioria dos insetos preferem o solo para o desenvolvimento larvar. Existem diversos métodos para controlar pragas, dos quais se destaca o controlo integrado.

Controlo integrado de pragas visa minimizar o uso abusivo e indiscriminado de pesticidas. É um conjunto integrado de métodos de controlo e de desenvolvimento de

critérios que garantam resultados favoráveis, tendo como base os valores ecológicos, financeiros e de higiene.

De forma a ser colocado em prática este tipo de controlo é necessário o conhecimento dos ciclos de vida e hábitos da praga em questão, bem como a implementação das medidas apropriadas para a resolução do problema. Existe uma série de passos que tem de ser seguida quando se pretende colocar em prática este tipo de controlo:

- 1 - **Identificação da espécie** – a correta identificação da espécie possibilita o acesso a toda a informação tanto técnica como científica.
- 2 - **Compreender a biologia e comportamento da praga** – após a correta identificação, recorre-se aos aspetos biológicos e comportamentais a fim de adquirir informações sobre o tipo de alimentação, temperaturas, humidade, tipo de habitat e tipo(s) de reprodução.
- 3 - **Determinar o grau de infestação para adotar os métodos adequados para controlo** - Analisar e determinar quais as condições locais que propiciam o desenvolvimento e a manutenção da infestação.
- 4 - **Conhecer e avaliar adequadamente o uso das medidas de controlo (riscos, benefícios, eficácia)** - Considerar medidas como: remoção mecânica (aspiração), armadilhas, iscos, medidas defensivas, controlo biológico e outras.
- 5 - **Implementar táticas seguras e efetivas de controlo** - Avaliação do impacto das medidas a serem adotadas.
- 6 - **Avaliar a eficiência do controlo** - Fazer monitorização do nível da infestação (armadilhas de cola ou sinais indicativos de infestação) após a aplicação e, se necessário, adotar medidas de controlo complementares. A monitorização feita após um tratamento pode ser utilizada como um indicador de qualidade do controlo.

As principais medidas preventivas para o controlo de pragas visam eliminar ou minimizar as condições ambientais que favoreçam a sua proliferação.

II.7 – Proporções entre produção de plantas e peixes

A primeira questão que surge quando se pretende iniciar a produção em

aquaponia está relacionada com a área que pode ser utilizada para o cultivo de vegetais.

A área para cultivo vegetal está diretamente relacionada com a densidade de peixes no sistema, uma vez que são estes que vão estabelecer a quantidade de nutrientes disponíveis para absorção (Lennard, 2012). A literatura propõe proporções entre a criação de peixes e a parte hidropónica que variam de 1:1 até 1:4 volume de água dos tanques dos peixes e a vegetal (Diver, 2006).

A forma mais utilizada para quantificar é a sugerida por (Rakocy et al., 2006) que relaciona a quantidade de alimento fornecido diariamente aos peixes com a área de cultivo, sendo utilizada uma proporção de 60 a 100 gramas de ração de peixe por dia para cada metro de canteiro de hidroponia.

Existe ainda uma terceira forma de dimensionar as proporções entre peixes e plantas que é a proporção de 1 kg de peixe para cada 7 kg de plantas (Wilson, 2005).

Conclui-se, portanto, que a parte hidropónica ocupa uma área muito maior que a de criação de peixes. Se a isto aliarmos o facto de que os ciclos de produção dos vegetais serem muito mais curtos do que os ciclos de produção de peixes (25-90 dias e 210-270 dias, respetivamente), é bastante claro que a componente vegetal assume uma especial importância nos sistemas de aquaponia.

II.8 – Desenho do sistema

Após todas as considerações feitas sobre o local bem como todos os outros parâmetros, é chegada a altura de desenhar o sistema que se tem em mente. Neste tópico vão ser abordados alguns pontos, de forma a auxiliar umas escolhas em detrimento de outras.

Normalmente o projeto vai sofrendo alterações conforme se vão ponderando todos os pontos e o sistema vai tomando forma.

II.8.1 – Inundação e drenagem

Os sistemas de inundação e drenagem são dos mais simples de entender e montar, particularmente em sistemas de 1:1 volume de água das camas de crescimento / volume da água tanque dos peixes, incluindo os sistemas com pequenos aquários.

Como se pode observar na figura 3, num sistema simples de inundação e drenagem as camas de crescimento ficam acima do tanque de produção de peixes. A

água do tanque dos peixes é bombeada para a parte superior da cama de crescimento (A). A água retorna ao tanque dos peixes por gravidade através de um sifão (B).

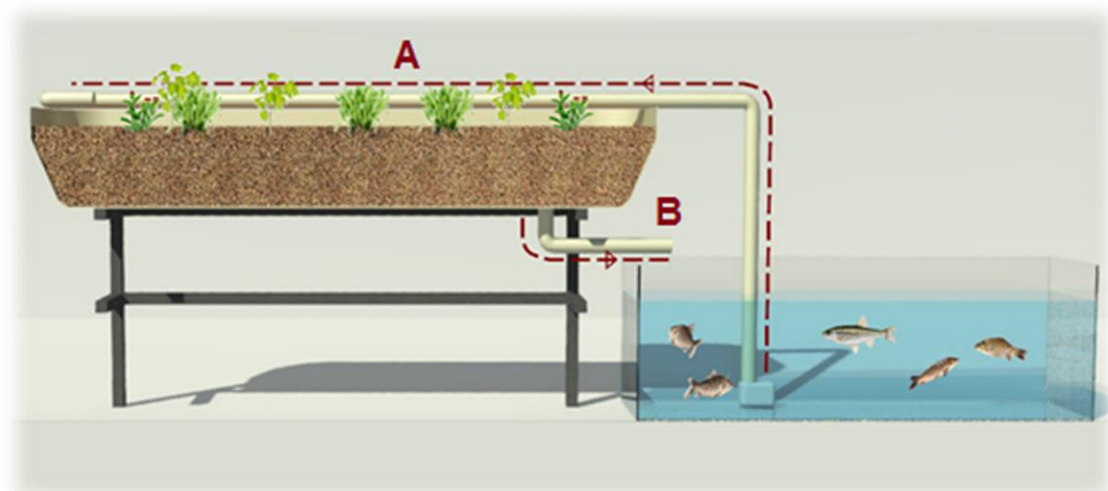


Figura 3 - Esquema de inundação e drenagem 1:1, (imagem de Sílvia Louro, Aberta Nova)

Se se pretender adicionar novas camas de crescimento tem de se ter o cuidado de adicionar válvulas de indexação³ (sequenciamento), desta forma a água no tanque dos peixes não baixa para níveis que colocariam os peixes em stress ou mesmo em risco. A grande vantagem da utilização desta configuração é o facto de ser fácil de aplicar, manter e não requer um tanque de depósito (*sump*).

II.8.1.1 – Adição de uma *Sump*

Observando a figura 4 verifica-se que a adição de uma *sump* (A) torna o sistema mais sofisticado.

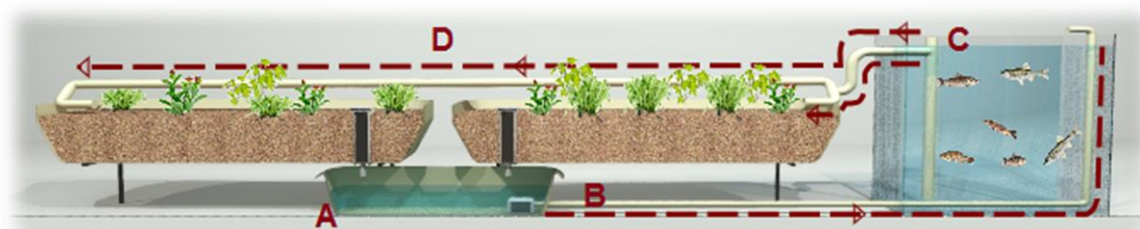


Figura 4 - Esquema sistema com *sump*, (imagem de Sílvia Louro, Aberta Nova)

³ Uma válvula de indexação interrompe o fluxo de água na válvula e, em seguida, reinicia-o

Em sistemas com *sump*, pela ação da força de gravidade a água das camas de crescimento drenam para a *sump*, onde está instalada uma bomba que leva a água para o tanque dos peixes (B). O nível de água no tanque dos peixes é constante, isto acontece devido ao tubo de drenagem (C) que leva a água novamente até às camas de crescimento. Os níveis de água nas camas de crescimento é controlado pelos auto sifões⁴.

II.8.1.2 – Adição de uma segunda bomba

A adição de uma segunda bomba permite resolver uma das desvantagens do sistema anterior, isto é o tanque dos peixes já não precisa de estar mais elevado que as camas de crescimento, uma vez que ao adicionar-se uma segunda bomba no tanque, a água passa a ser bombeada e não recorre a força de gravidade. Esta nova configuração pode ser observada na figura 5.

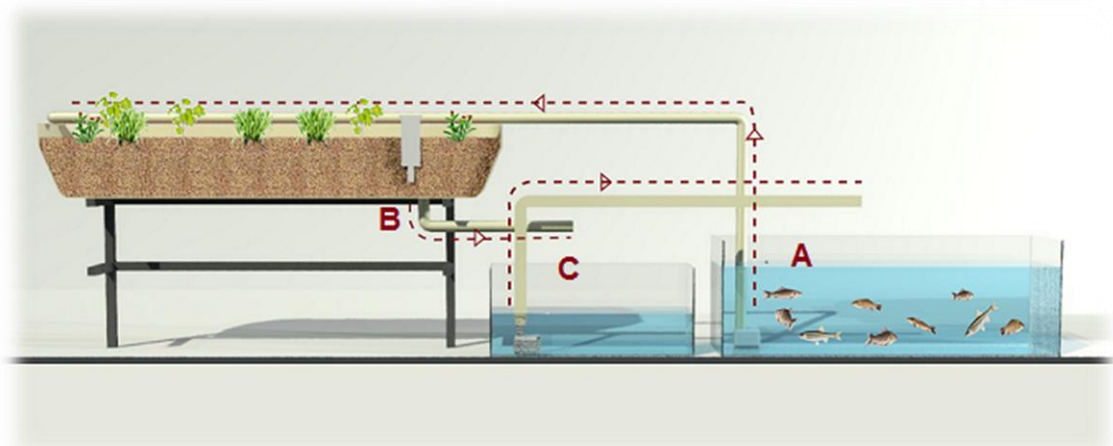


Figura 5 - Esquema sistema com duas bombas, (imagem de Sílvia Louro, Aberta Nova)

Desta forma a bomba no tanque dos peixes está constantemente a bombear água diretamente nas camas de crescimento (A). O auto sifões das camas de crescimento drenam a água para a *sump* (B). Por fim a água da *sump* é bombeada para o tanque dos peixes (C). A utilização de duas bombas permite a utilização de aquários de maiores dimensões e permite a colocação do aquário no local que for mais conveniente. Por outro lado duas bombas representam mais custos energéticos.

⁴ Auto sifão faz com que as camas de cultivo em cascalho tenham períodos de enchente e seca, desta forma promove uma maior oxigenação das raízes, evitando que apodreçam.

II.8.1.3 – Sistema híbrido

Quando se opta por um sistema híbrido⁵, tem de se ter em conta as limitações de cada sistema que se pretende utilizar. Isto é o cultivo em cascalho permite uma escolha mais alargada do que pode ser plantado, já os sistemas DWC (flutuante) e NFT (fluxo laminar de nutrientes), para além de reduzirem as opções de cultivo ainda requerem a existência de um sistema de separação de sólidos. Uma forma de poder ser descartado o filtro de sólidos (sistemas pequenos e médios) é colocar o sistema de cultivo em cascalho antes dos outros sistemas.

II.9 – O sistema integrado

Tal como já foi referido anteriormente a aquaponia é um sistema integrado, tornando-se importante abordar alguns pontos-chave para que essa integração aconteça corretamente.

- **Estabelecimento da colónia de bactérias nitrificantes** - isto é a criação do filtro biológico, onde vai ocorrer o ciclo do azoto dentro do sistema. O ciclo do azoto é o nome que se dá ao processo pelo qual as bactérias nitrificantes, convertem a amónia em nitrato, que serve de nutriente para as plantas. Num sistema aquapónico em que o ciclo do azoto está a funcionar corretamente a quantidade de amónia ou nitritos terá que ser residual.
- **Início do ciclo** - ocorre quando se adiciona amónia ao sistema, isto é pela introdução de peixes ou através de outra fonte. É importante relembrar que a amónia é tóxica para os peixes, e não é absorvida pelas plantas, pelo que quando se pretende iniciar o ciclo através da introdução de peixes não devem ser colocados muitos exemplares. Entretanto a amónia presente no sistema vai permitir a sua colonização pelas primeiras bactérias nitrificantes, as Nitrosomonas; estas, por sua vez, ao converterem a amónia em nitritos vão potenciar a colonização do filtro pelas segundas bactérias nitrificantes, as Nitrobacter, que vão fazer a conversão dos nitritos em nitratos.

Quando são detetados nitratos na água e a concentração de amónia e nitritos é inferior a 0.5 ppm, o sistema está pronto para receber mais peixes e as plantas.

⁵ Diz-se híbrido ao que contém componentes distintas na sua constituição. Entende-se por sistema híbrido o que na sua composição contempla diferentes meios de produção, por exemplo cultivo em cascalho e cultivo flutuante.

- **Medição dos parâmetros da água** - são muito importantes pois são estes que nos permitem monitorizar os parâmetros de qualidade da água, tal como pH, amónia, nitritos e nitratos. É a única maneira de se saber quando um sistema tem o ciclo do azoto completo. Não menos importante é o controlo da temperatura pois as bactérias são suscetíveis a alterações de temperatura.
- **Ajustes do pH** - durante o estabelecimento do ciclo, principalmente se se utilizarem peixes, o pH deve ser mantido próximo de 6,8 a 7,0 uma vez que as bactérias nitrificantes reproduzem-se melhor a pH no intervalo de 7,0 e 8,0; isto torna-se ainda mais importante quando se alia o facto de a amónia ser mais tóxica para pH superiores a 7,0 como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1- Percentagem total de amónia não- ionizada em função da temperatura e pH da água

pH	Temperatura da água (°C)								
	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0,30	0,34	0,40	0,46	0,52	0,60	0,70	0,81	0,95
7.4	0,74	0,86	0,99	1,14	1,30	1,50	1,73	2,00	2,36
7.8	1,84	2,12	2,45	2,80	3,21	3,68	4,24	4,88	5,72
8.2	4,49	5,16	5,94	6,76	7,68	8,72	10,00	11,41	13,22
8.6	10,56	12,03	13,68	15,40	17,28	19,42	21,83	24,45	27,68
9.0	22,87	25,57	28,47	31,37	34,42	37,71	41,23	44,84	49,02

Os ajustes de pH devem se efetuados lentamente, não mais que 0,2 por dia, uma vez que alterações repentinas vão provocar stress nos peixes e aumentar a dificuldade em atingir o intervalo de pH recomendado.

❖ Procedimento prático para ativação do filtro biológico

- Iniciar com peixes
 1. Colocar só parte dos peixes, isto é metade do pretendido.
 2. Testar diariamente os níveis de amónia e nitritos. Se estes estiverem muito elevados, fazer uma troca parcial da água.
 3. Alimentar os peixes uma vez por dia.
- Iniciar com fontes de amónia
 1. Sintética – amónia líquida ou cloreto de amónia.
 2. Orgânica – urina animal (Bernstein, 2011).

➤ Processo

1. Adicionar a amónia pouco a pouco, até obter leituras de 2 – 4 ppm.
2. Anotar a quantidade de amónia adicionada e adicionar diariamente a mesma quantidade até que comece a aparecer nitrito no sistema (pelo menos 0,5ppm). Verificar os valores diariamente, se os valores de amónia se aproximarem de 6 ppm, parar de adicionar amónia até os valores baixarem para 2 – 4 ppm.
3. Quando o nitrito aparecer, reduzir a dose diária de amónia para metade da inicial. Se o nível de nitrito exceder as 5 ppm, parar a adição de amónia até baixar para 2.
4. Uma vez presente o nitrato (5 – 10ppm), e a amónia e nitrito baixarem para zero, podem ser adicionados os peixes. Não adicionar mais amónia.
5. Ajustar o pH para o intervalo 6,8 a 7,0
6. Adicionar as plantas. A adição de bio estimulante à base de algas, ajuda a aclimatizar as plantas.

➤ Técnica de Murray Hallam (resumo)

1. Adicionar ao sistema bio estimulante à base de algas.
2. Adicionar as plantas.
3. Esperar duas semanas.
4. Adicionar os peixes.

II.10 – Manutenção do sistema

Os sistemas aquapónicos requerem pouca manutenção, aliás requerem muito menos manutenção do que qualquer outro sistema de produção.

Contudo, é necessário fazer alguma manutenção para que o sistema funcione sem problemas.

Manutenções a efetuar após o filtro biológico estar ativado:

Manutenção diária

1. **Alimentar os peixes** – deve ser fornecida alimentação aos peixes no mínimo uma vez por dia, sendo que duas vezes é o mais indicado (de manhã e ao fim da tarde). A alimentação não é só importante pela razão óbvia que é a nutrição, mas também porque é a altura ideal para avaliar o estado de saúde dos peixes.

Quando um peixe deixa de se alimentar é sinal que algo não está bem.

2. **Verificação da temperatura do tanque dos peixes** – é um processo de execução rápida, e variações da temperatura poderão ter um grande impacto na saúde dos peixes e colónia de bactérias.
3. **Verificar a(s) bomba(s) e o sistema de tubos** – como já foi referido anteriormente a bomba é o coração do sistema, pelo que é importante que esta funcione em pleno, para que isso aconteça as verificações diárias são fundamentais bem como a manutenção.

Manutenção semanal

1. **Medição do pH** – o pH é sem dúvida um fator determinante para avaliar o estado do sistema aquapónico. Determina a vitalidade dos peixes, a capacidade de absorção de nutrientes por parte das plantas e a capacidade de reprodução das bactérias. Naturalmente alguns sistemas saudáveis terão tendência a que o pH decresça ao longo do tempo, contudo outros tendem a manter o pH entre os 6,8 -7,0. Assim que se registem pH 6,4 deve ser aplicado um corretor de pH. Por outro lado se o pH está a aumentar é porque alguma coisa que se está a adicionar ao sistema está a provocar essa subida como por exemplo água mais dura; neste caso é importante identificar o que está a provocar essa subida e corrigir.
2. **Verificação dos níveis de amónia** – Após o sistema estar em pleno funcionamento é importante fazer a verificação da amónia, pois tal como o pH é um indicador do estado do sistema; a verificação permite detetarmos eventuais problemas antes que aconteça uma catástrofe.
3. **Adição de água** – deve ser adicionada a água de forma a repor o nível desejado, garantindo assim que a quantidade de água no sistema não baixe para níveis mínimos. A adição de pequenas quantidades de água ao sistema apresenta várias mais-valias, uma vez que não provoca variações drásticas no pH, mantém a temperatura mais estável e não obriga retirar o cloro da água.
4. **Verificação da presença de insetos** – Geralmente os insetos encontram-se na página inferior das folhas das plantas, pelo que é importante verificar esse local menos visível. A correta identificação é chave para o sucesso no controlo e combate.

Manutenção mensal

1. **Limpeza da(s) bomba(s) e dos canos** – É importante manter a circulação de água e para isso todo o sistema de circulação tem de estar limpo. A bomba deve ser desconectada do sistema e limpa; quanto aos tubos recorre-se a água em alta pressão preferencialmente sem cloro, dessa forma as colónias de bactérias presentes nos tubos não são perdidas.
2. **Verificação dos níveis de nitratos** - Os níveis de nitratos poderão fornecer informações sobre se o sistema tem plantas suficientes ou não em função da densidade de peixes; por exemplo, níveis de nitratos acima de 150 ppm são indicativos de que o número de plantas presentes no sistema é insuficiente para absorver o nitrato que é gerado pelas bactérias nitrificantes. Neste caso devem ser adicionadas plantas ou retirados alguns peixes ao sistema.

A empresa Aberta Nova

Situada na Freguesias de Melides, concelho de Grândola, a herdade da Aberta Nova encontra-se situada geograficamente num local privilegiado junto ao Atlântico entre a lagoa de Melides e a praia da Aberta Nova.

Numa extensão de território de 1500m e com uma área total de 452ha, onde convive a floresta e o ambiente dunar selvagem, desenvolvem-se várias atividades promovidas pela Aberta Nova S.A., tirando partido dos recursos naturais do território, mantendo uma preocupação de sustentabilidade e equilíbrio com o ambiente.

A exploração da Herdade é realizada pela Aberta Nova, Sociedade agro-florestal S.A., que coordena e desenvolve todas as atividades realizadas nesse espaço, procurando a harmonia entre o conhecimento e a natureza.

Sempre com estes objetivos em mente, foram implementados na Herdade, alguns protótipos de modelos experimentais de produção procurando alargar os horizontes de conhecimento existentes.

A empresa tem como princípios promover, apoiar e impulsionar novas ideias potencialmente promissoras de desenvolvimento, quer de técnicas já existentes ou de novas formas de obtenção de mais-valias. Aposta na produção de alimentos de forma mais sustentável e em harmonia com o meio ambiente, assim como na pesquisa de energias alternativas. No fundo, pretende-se que a presença e necessidades humanas sejam o menos prejudiciais para a natureza. Assim, desde o seu arranque efetivo em Maio de 2011 muitos são os projetos que fazem parte da história da empresa.

- ❖ **Bio - Hortas** – projeto social que teve início em 2012 com a implantação e dinamização de horta biológica em 3 centros escolares do conselho.
- ❖ **Primeiros trabalhos de Silvicultura** – desbastamento de uma área da herdade de forma a permitir centralizar os serviços e as atividades. As raízes foram colocada à volta da herdade, sendo utilizadas como “ vedações naturais”, a estilha (subproduto florestal) foi aplicada nos aceiros existentes para melhoramento de circulação de veículos. Tendo como princípios a preservação do ecossistema, o objetivo final da silvicultura contemplou a realização de uma exploração florestal cuidada de extração de madeira e pinhas, acompanhada de uma reflorestação gradual da herdade, até se atingir um ecossistema saudável com espécies autóctones.
- ❖ **Agricultura em modo de produção biológica** – no início este projeto foi realizado numa área de 1 hectare, atualmente são cultivados 4 hectares, onde também existe um pomar.
- ❖ **Apicultura** – mais tarde apostou-se nos benefícios das abelhas que melhoram a taxa de polinização e ainda possibilitam a produção de mel.
- ❖ **Plantas aromáticas** – a aposta no cultivo de plantas aromáticas permitiu a obtenção de mais um produto biológico com o nome Aberta Nova.
- ❖ **Aquaponia** – no final do ano 2012 foi iniciada a construção da primeira estufa, de forma a acolher o projeto de aquaponia, cujos objetivos era os de servir de unidade de investigação, desenvolvimento e formação de processos e sistemas de aquaponia.
- ❖ **Viveiro de espécies autóctones** – de forma a poder ser realizado este projeto foi instalada uma segunda estufa de 500 metros, a qual serviu para a reprodução e propagação de espécies dunares, florestais, agrícolas e aquáticas para autoaprovisionamento da exploração;
- ❖ **Silvo-pastorícia** – com o propósito do apuramento de raças autóctones portuguesa construíram-se abrigos para o conforto e bem-estar de três grupos de animais: cabras serpentinas, porcos e burros Mirandeses, trazidos para a herdade.
- ❖ **Compostagem e Vermicompostagem** - de forma a aproveitar os desperdícios gerados iniciou-se este projeto de decomposição de matéria orgânica. Este serviu para a melhoria dos solos agrícolas e florestais da herdade.
- ❖ **Central de biomassa** - consiste na produção de energia elétrica e energia térmica com base nos resíduos da exploração silvícola (estilha), servindo o

gasificador como unidade de investigação, para autoaprovisionamento e criação de um protótipo comercializável.

- ❖ **Grupo Aberta Nova** – em 2014 criou-se a empresa Aberta Nova SGPS (forma jurídica), de forma a satisfazer a vontade e interesse em transformar a herdade numa incubadora de empresas, favorecendo assim o empreendedorismo na área rural e agrícola.
- ❖ **Restaurante na praia de Melides** – a aquisição deste espaço teve sempre como objetivo promover uma cozinha com ingredientes naturais e biológicos, sempre com um enfoque na comida saudável e de qualidade.
- ❖ **Apoio Social** – sendo um dos objetivos base prestar apoio à comunidade local, a Aberta Nova tem apoiado financeiramente, logisticamente ou administrativamente projetos implementados em Melides. Entre a tipologia de projetos apoiados encontram-se a dinamização do ATL, de associações culturais, concertos, festividades e associações desportivas.

Fruto das necessidades do crescimento foram também criados serviços básicos:

- ❖ **Administrativos** - inicialmente instalados na aldeia de Melides, no ano 2014 construiu-se um “Pavilhão Central” na Herdade, o qual acolheu os escritórios. Estes contam com as condições necessárias para garantir a eficiência e eficácia no desenvolvimento e execução do projeto Aberta Nova. Existem atualmente nos escritórios serviços de contabilidade, secretariado-geral, recursos humanos, planeamento, gestão de parcerias, elaboração e apoio na preparação de novos projetos.
- ❖ **Manutenção** – foi instalada uma oficina na Herdade com as ferramentas e equipamentos necessários para a correta manutenção geral do espaço envolvente.
- ❖ **Carpintaria** - unidade onde se processa e tratam as madeiras, sempre que possível provenientes da Herdade, para as converter em abrigos, *decks*, mobília e outras necessidades internas para o correto desenvolvimento das atividades da própria empresa e também para particulares.

A empresa oferece ainda a possibilidade de dar a conhecer a herdade e os diversos projetos a escolas, entidades e particulares, através de realização de visitas.

Por fim, mas não menos importante, a empresa também tem apoiado e contado com a colaboração de diversos estudantes provenientes tanto de instituições portuguesas como estrangeiras. Na figura 6 apresentam-se algumas fotos da herdade.



Figura 6 - Fotos da herdade Aberta Nova

Tarefas na Aberta Nova

O estágio incluiu tarefas diárias, semanais e mensais, havendo ainda algumas pontuais (tabela 2).

Tabela 2 - Esquematização sumária das tarefas do estágio

Diariamente	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Verificação do sistema / anomalias nos diferentes componentes (1 x início da manhã 1 x fim da tarde) ♦ Medição e registo dos parâmetros físico – químicos e temperatura da água do sistema (pH, nitrito, nitrato, amônia e temperatura) ♦ Alimentação e observação dos peixes (1 x início da manhã 1 x fim da tarde) ♦ Observação das plantas ♦ Elaboração do manual
Semanalmente	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Medição e registo dos parâmetros físico – químicos e temperatura da água do sistema (pH, amónia, nitrito, nitrato e temperatura) ♦ Limpeza do aquário e sistema de oxigenação ♦ Reposição da água perdida por evaporação e evapotranspiração ♦ Verificação da existência de parasitas / carências nutritivas nas plantas
Mensalmente	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Limpeza de todo o sistema (bombas, tubagem, aquário, sistema de oxigenação e cama flutuante) ♦ Manutenção das plantas
Pontualmente	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Consulta bibliográfica ♦ Construção do sistema aquapónico ♦ Plantação e recolha das plantas ♦ Aplicação de inseticidas naturais ♦ Exposição (.COME, Pavilhão do Conhecimento - Centro Ciência Viva) ♦ Visitas / apresentações na empresa (alunos de escolas profissionais, grupo de enfermeiros e médicos)

I – Tarefas Diárias

As tarefas desenvolvidas diariamente correspondem às necessidades de todos os dias, dado a sua importância para o bom funcionamento do sistema bem como sobrevivência dos peixes e plantas que dele fazem parte.

Todos os dias as primeiras tarefas a efetuar logo pela manhã diziam respeito à averiguação de eventuais problemas no sistema, estando tudo a funcionar corretamente procedia-se às análises dos parâmetros físico - químicos bem como da temperatura e, posteriormente, à alimentação dos peixes. As análises à água eram efetuadas antes da alimentação, garantindo-se assim que os valores não eram influenciados pela ração que iria ser fornecida. Seguidamente os dados obtidos pelos testes eram apontados e os animais alimentados. Aquando da alimentação observa-se o comportamento dos peixes. Após garantir o bem-estar animal, procedia-se à observação das plantas, de forma a colher o que estava pronto e a resolver eventuais problemas, nutricionais e parasitas. Quando todas as tarefas relacionadas com o sistema estavam completas, o restante tempo até ao fim da tarde dizia respeito à outra parte do estágio, mais especificamente a elaboração de um manual sobre aquaponia e construção de um sistema aquapónico.

No fim da tarde procedia-se novamente a uma verificação do sistema, correto funcionamento da bomba, sistema de oxigenação, tubagem e nível de água. Por fim os animais eram novamente alimentados e mais uma vez era observado o seu comportamento.

II – Tarefas semanais

Uma vez por semana realizava-se a medição da amónia de forma a garantir que não estava em níveis tóxicos para os peixes e inspecionava-se o funcionamento do filtro biológico. De forma a não haver acumulação de algas e manter uma boa oxigenação procedia-se à limpeza do aquário e das pedras difusoras, respetivamente. Seguidamente o nível de água era verificado e adicionada a água perdida pela evaporação e evapotranspiração. Pelo menos uma vez por semana as plantas eram todas inspecionadas mais pormenorizadamente, quanto à existência de algum parasita ou carência nutricional. Sempre que ocorreram problemas foram tomadas medidas de forma a serem rapidamente resolvidos. Todos os produtos adicionados ao sistema têm de ter em conta a saúde de todos os componentes biológicos (peixes, plantas, bactérias e as minhocas); dessa forma, por exemplo aquando da deteção de parasitas nas plantas

eram aplicados inseticidas naturais (tais como água fervida com alhos, para piolhos) por via foliar.

III – Tarefas mensais

Mensalmente todo o sistema era minuciosamente limpo. A bomba era desconectada e lavada, por forma a garantir o bom funcionamento. Recorrendo a água em alta pressão, os tubos eram limpos de forma a não se acumularem rezidos e posterior colmatção dos mesmos. Como se utiliza uma meia de licra no tubo de drenagem do aquário de forma a filtrar a maioria dos desperdícios sólidos, essa também era substituída quando se encontrava muito suja. Também o aquário era limpo e o sistema de oxigenação verificado. Esta altura era sempre uma boa oportunidade para verificar o nível de água e repor a necessária.

Dos diferentes sistemas para crescimento de plantas o mais problemático é o sistema flutuante, visto que tem tendência para acumulação de algas. De forma a manter as raízes das plantas saudáveis também mensalmente procedia-se à limpeza da cama flutuante.

Apesar das verificações diárias e semanais, também mensalmente as plantas merecem um cuidado mais pormenorizado, nomeadamente a limpeza de eventuais folhas velhas, substituição de culturas quando necessário, verificação da existência de parasitas e sinais de carências nutricionais. Sempre que se planta algo novo é importante lavar bem as raízes para não conterem resíduos de solo, os quais poderiam alterar os parâmetros de qualidade da água.

IV – Tarefas pontuais

No início do estágio, após serem definidos os objetivos, foi efetuada uma pesquisa bibliográfica. Posteriormente fez-se um planeamento de como seria construído o sistema, e quando este se encontrava de acordo com o pretendido iniciou-se a construção do mesmo (ponto V). O estagiário participou em todo o processo de construção o que lhe permitiu adquirir competências em todas as áreas envolvidas.

O sistema foi iniciado com um número relativamente pequeno de plantas. Quando se trata de um estudo, sempre que possível são utilizadas plantas diferentes de modo a obter-se informação sobre quais as espécies que melhor se adaptam.

Um sistema aquapónico, como qualquer outro sistema de cultivo de alimentos também é suscetível a pragas. Numa das inspeções detetou-se a presença de afídios (pulgões), insetos picadores-sugadores que causam danos diretos na produção e podem ser importantes vetores de viroses. Foram imediatamente tomadas medidas por forma a combater a praga o mais rapidamente possível, recorrendo-se para tal a um inseticida natural (água fervida com alhos) e remoção mecânica.

A empresa Aberta Nova faz parte dos circuitos do programa Ciência Viva, como tal por vezes é solicitada para participar em exposições. O Pavilhão do Conhecimento (Parque das Nações, Lisboa) convidou a empresa a participar na exposição .COME com um sistema aquapónico, tendo essa tarefa ficado a cargo do estagiário (figura 7).



Figura 7 - Fotografias da exposição .COME, Pavilhão do Conhecimento

Tal como foi anteriormente referido, são comuns as visitas à herdade Aberta Nova, no âmbito das quais o estagiário se encarregou da apresentação do sistema de aquaponia. Essas apresentações foram dirigidas a grupos específicos, tais como escolas, campos de férias, elementos do PRAPAS (Programa Regional do Alentejo de

Promoção da Alimentação Saudável) e particulares. Na figura 8 estão algumas fotos referentes a essas apresentações.



Figura 8 - Fotos das diferentes visitas ao sistema aquapónico

Construção do sistema aquapónico

A construção do sistema foi um dos dois desafios lançados pela empresa. Seguidamente serão abordados todos os pontos referentes à construção, funcionamento, constituição e manutenção do sistema aquapónico.

Trata-se de um sistema a pequena escala, contudo contém todas as diferentes opções de sistemas de crescimento de plantas. Todo o projeto foi pensado com o intuito de ser didático e pedagógico. Trata-se de um sistema simples, onde os custos de manutenção são relativamente baixos.

I – Desenho do sistema

Quando se vai projetar o sistema o primeiro aspeto a ter em conta é que o sistema tem de ser funcional.

Inundação e drenagem – Todas as partes do sistema tem de estar conectadas entre si. Devido ao propósito deste sistema, optou-se pela construção de um sistema híbrido, possibilitando mostrar as diferentes opções. Na figura 9 apresenta-se um esquema do sistema.



Figura 9 - Esquema do sistema aquapónico construído no estágio, (imagem de Sílvia Louro, Aberta Nova)

Como se pode observar na figura 9 o sistema funciona com uma bomba. A bomba encontra-se na *sump* (nível mais baixo do sistema) e tem três pontos de saída.

Da 1ª saída a água é bombeada para a parte superior da cama de crescimento cultivo em cascalho (A), onde existe um sistema de auto-sifão que a vai drenar para a cama de crescimento cultivo flutuante (B), retornando à *sump* pela ação da gravidade (C). Ao mesmo tempo a água é bombeada para o sistema vertical (D) pela 2ª saída da bomba, retornando a água à *sump* pela ação da gravidade (E). A 3ª saída da bomba vai levar a água filtrada para o aquário (F) saindo em simultâneo a mesma quantidade de água do aquário pelo tubo de drenagem (G).

Notas

1. O nível da água no aquário mantém-se constante.
2. O nível da água nas camas de crescimento é controlado pelo sistema de sifão.

3. Uma questão que poderá surgir é o porque da água vinda das camas de crescimento não drenar diretamente no aquário?! A verdade é que seria a situação ideal, contudo de forma a aproveitar as estruturas existentes, tal configuração não foi possível.

II – Componentes do sistema

O sistema foi construído no interior de uma estufa, desta forma tem-se um maior controlo dos diferentes parâmetros. Na medida em que já existia a estufa não foram adicionados custos ao projeto.

II.1 – Canalização

- ❖ **Bomba** - sistema de bombeamento com uma bomba submersível.
- ❖ **Tubos** - recorreu-se a tubos de PVC de diâmetro 32mm. Todos os tubos foram encaixados, para tal recorreu-se a diversos acessórios de forma a fazer as ligações entre os tubos e as camas de crescimento. Mais especificamente foram utilizados passa muros e curvos (joelhos PVC). Os tubos utilizados para bombeamento da água para os diversos locais são de 15mm.

II.2 – Água

A água utilizada no sistema tem proveniência nos aquíferos subterrâneos apresentando uma série de características vantajosas, nomeadamente ser livre de cloro e cloramina.

II.3 – Oxigénio dissolvido

Tendo em consideração que o oxigénio é essencial para todos os componentes biológicos do sistema, aquando da construção esse aspeto foi tido em conta. Uma forma de oxigenar a água é promover o movimento da mesma à superfície. Para tal neste sistema contamos com um sistema de auto – sifão, quedas de água e pedras difusoras.

II.3.1 – O auto - sifão

O auto-sifão (figura 10) é um dos pontos-chave no sistema de oxigenação, principalmente nas raízes das plantas. Por esse motivo, apresenta-se seguidamente o processo detalhado de construção do auto-sifão.



Figura 10 - Esquema de um auto – sifão

II.3.1.1 – Material necessário

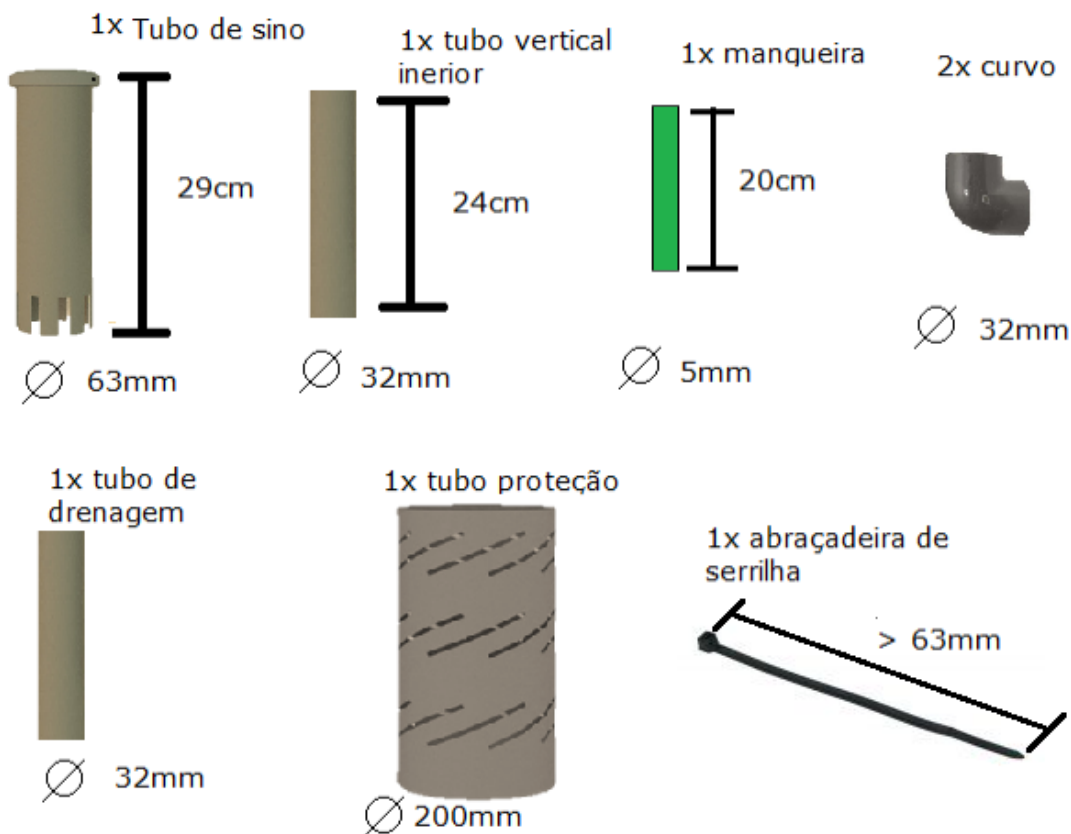


Figura 11- material necessário

II.3.1.2 – Construção passo a passo

1. Cortar o tubo PVC (Ø 63mm) para a construção do tubo de sino, efetuar os cortes como exemplificado na figura 12.

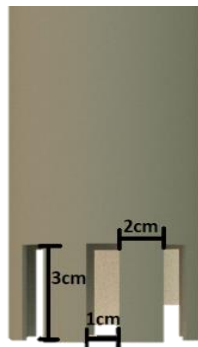


Figura 12 - Tubo PVC com cortes

2. Fazer um furo na tampa onde vai encaixar a mangueira (Ø 5mm), tal como mostra na figura 13.

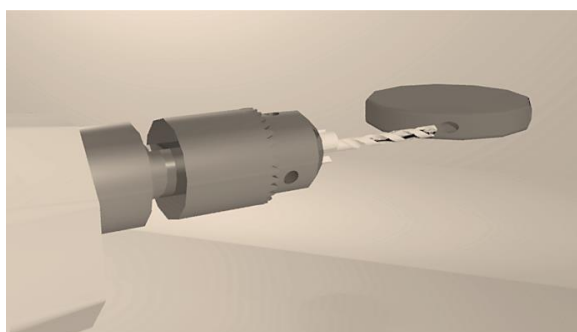


Figura 13 - Tampa com furo

3. Colocar a tampa no tubo de sino com a configuração como exemplificado na figura 14.



Figura 14 - Tubo de sino com tampa

4. Colocar a mangueira no tubo de sino. De seguida utilizar a abraçadeira de serrilha para que a mangueira fique junta ao tubo, de acordo com a configuração exemplificada na figura 15.

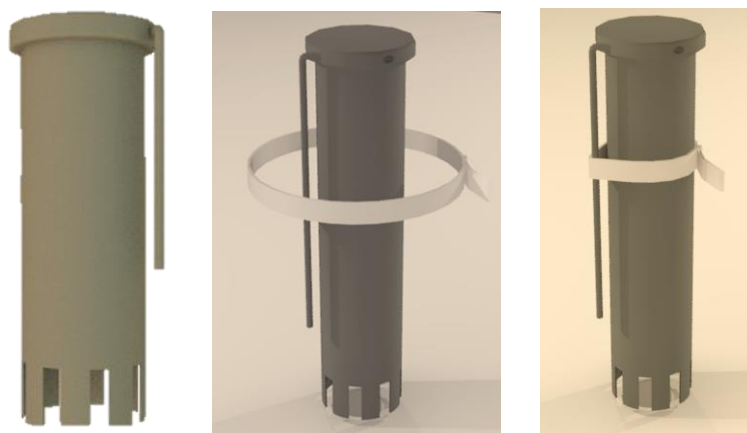


Figura 15 - Tubo de sino com a configuração final

5. Fixar o tubo vertical PVC (\varnothing 32mm) na cama de crescimento onde já se adicionou um passa muros, tal como exemplificado na figura 16.

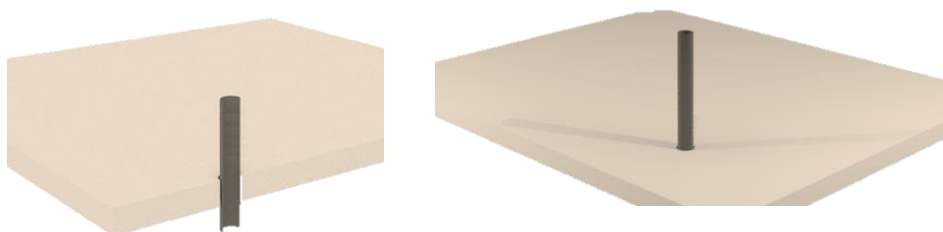


Figura 16 - Cama de crescimento com tubo vertical

6. Colocar os tubos curvos e o tubo de drenagem; este tubo vai ter o comprimento que for necessário para o local onde tem de drenar. Na figura 17 poderá ser observado este passo.

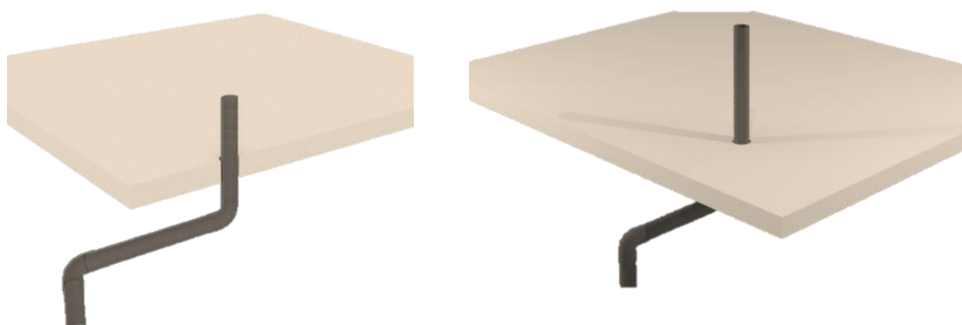


Figura 17 - Cama de crescimento com tubo vertical e tubo de drenagem

7. Colocar o tubo de sino ficando o tubo vertical no seu interior, tal como na figura 18.

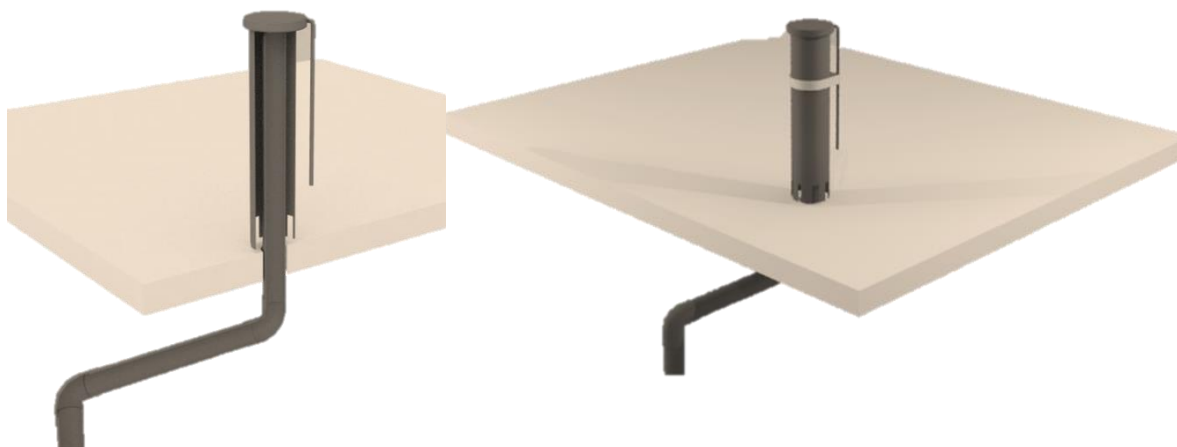


Figura 18 - Cama de crescimento com sifão

8. O sifão está completo. Contudo de forma a funcionar corretamente e a evitar entupimentos é necessário colocar um tubo de maior diâmetro (\varnothing 200mm) com cortes, permitindo a manutenção do sifão. A configuração final pode ser observada na figura 19.

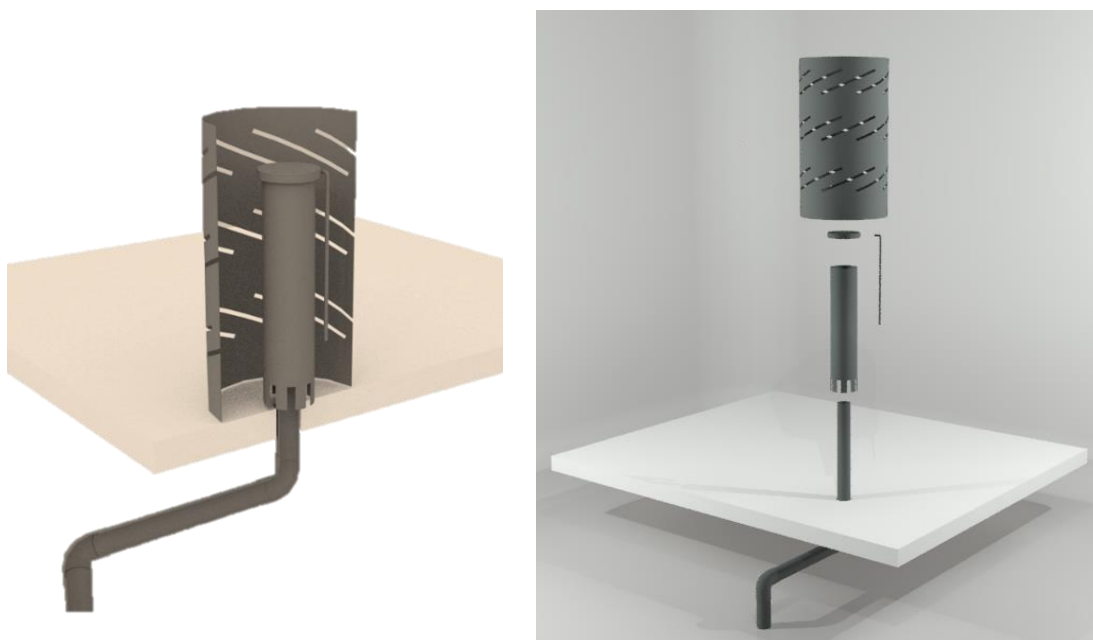


Figura 19 - Cama de crescimento com sifão e tubo de proteção

II.3.1.3 – Funcionamento do auto sifão

Nos sistemas em que são utilizados os auto sifões (também conhecido como sifão de sino) a água está constantemente a ser bombeada para as camas de crescimento. À medida que a água vai sendo bombeada, vai subindo o seu nível na cama de crescimento e simultaneamente vai enchendo o interior do sifão que está posicionado dentro da cama de crescimento. Quando a água atinge a altura máxima desejada, esta é derramada sobre o tubo interior do sifão e cria uma área de baixa pressão dentro do sifão, ativando o mesmo. O sifão faz com que a água existente na cama de crescimento seja rapidamente drenada, neste ponto à entrada de ar no interior do sifão (pela mangueira) o que faz com que a pressão seja perdida, fazendo com que a ação de sifonagem (drenagem) cesse. Desde que a bomba esteja sempre em funcionamento, a cama de crescimento volta a encher e o ciclo recomeça.

II.4 – Ambiente para a criação de peixes

Como se trata de um pequeno sistema, e tal como já foi referido anteriormente tem como principal objetivo servir para divulgação, optou-se por um aquário de vidro, uma vez que desta forma os peixes são facilmente visíveis.

A água do aquário está constantemente a ser renovada pois a água filtrada pelas plantas nas camas de crescimento que drena na *sump* é bombeada para o aquário e deste vai sendo drenada para a *sump* onde vai novamente irrigar as plantas. Desta forma o nível de água no aquário é constante e ao mesmo tempo a água é renovada. O aquário utilizado pode ser observado na figura 20.



Figura 20 - Fotografia do aquário utilizado no sistema

❖ **Temperatura** - De forma a satisfazer os requisitos dos diferentes componentes

biológicos presentes no sistema a temperatura foi mantida entre os 20°C e os 25°C. Pelo que foi necessário recorrer a resistências para aquecer a água e manter à temperatura desejada.

- ❖ **Filtro de sólidos** - A escala do sistema não requer filtro de sólidos, contudo aquando do desenho do sistema há que ter esse ponto em conta. A melhor forma de prevenir entupimentos e garantir melhor aproveitamento dos resíduos sólidos vindos do aquário é colocar a cama de crescimento de leca (argila expandida) como primeiro componente do sistema, isto é, como primeiro local de passagem da água vinda do aquário. Desta forma a cama de leca funciona como como filtro. Uma forma fácil e económica de filtrar a maioria dos desperdícios sólidos que poderiam entupir as bombas é a colocação de uma meia de licra no tubo de drenagem do aquário.
- ❖ **Sistema de oxigenação** - Existem vários pontos-chave no sistema, do qual se destaca o sistema de auto sifão, que promove uma maior oxigenação nas raízes das plantas na cama de leca. O mesmo sifão ao descarregar a água rapidamente na cama flutuante, promovendo grande movimento superficial, vai oxigenar bastante a água nesta parte do sistema. Por sua vez, a água que é drenada da cama flutuante para a *sump* também vai provocar movimento à superfície devido à queda que sofre, assim como a água que é bombeada no aquário ou para o sistema de tubos. Ao aquário foram ainda adicionadas duas pedras difusoras de ar. Na figura 21 podem ser observadas as diferentes formas utilizadas para oxigenação da água.

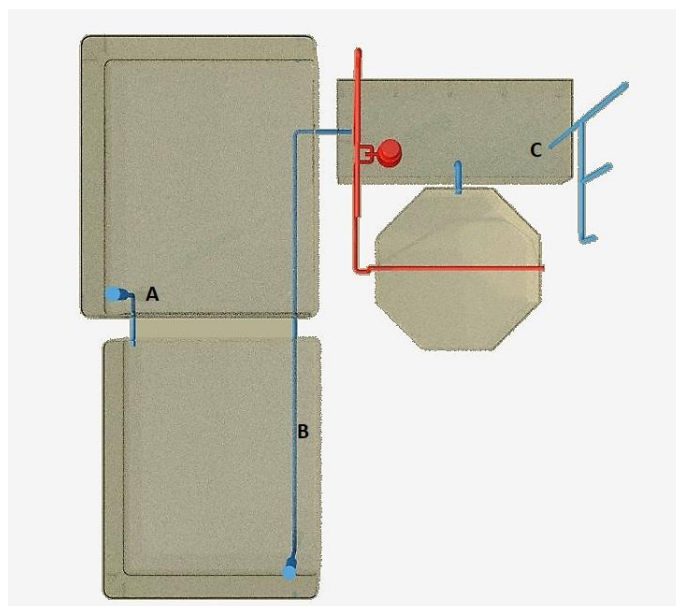


Figura 21 - Esquemas das diferentes formas de oxigenação do sistema, A- oxigenação promovida pelo auto sifão, B- oxigenação promovida pela força de gravidade e C-oxigenação promovida pela queda de água.

II.5 – Ambiente para a produção de plantas

- ❖ **Filtro biológico para desperdícios sólidos** - Tal como referido anteriormente, a cama de leca (argila expandida) funciona também como filtro de sólidos, que neste caso é biológico porque recorre ao auxílio das bactérias nitrificantes que vão colonizar o sistema, bem como das minhocas que foram adicionadas. Estas últimas são bastante úteis para a degradação dos resíduos sólidos produzidos pelos peixes e dos restos de raízes mortas.
- ❖ **Temperatura** – Como a temperatura foi mantida próxima dos 20 -25°C, as opções do que pode ser cultivado são imensas, pois esta temperatura é compatível com a maioria das plantas.
- ❖ **Tipos de cultivo** - Trata-se de um sistema misto, onde existem três tipos de cultivo diferentes.
 1. **DWC, raft ou cultivo flutuante** – Para a construção deste sistema foi utilizado metade de um IBC (Intermediate Bulk Container)(110x97x23), onde foi colocada uma placa de poliestireno (esferovite) com orifícios. Este tipo de cultivo funciona muito bem para a produção de alfaces e agriões. Na figura 22 podem ser observada o cultivo flutuante do sistema.



Figura 22 - Cama flutuante com agriões e alfaces, sistema construído no estágio

2. **NFT ou fluxo laminar de nutrientes** – Sistema vertical composto por três tubos de diâmetro 152,40mm, com orifícios, como se pode observar na figura 23. Este sistema permite cultivar pequenas plantas, como por exemplo morangueiros.



Figura 23 - Sistema fluxo laminar com morangueiros, sistema construído no estágio

3. **Gravel bed ou cultivo em cascalho** – Cama de crescimento composta por metade de IBC (110x97x23), onde foi colocada argila expandida (leca) como substrato. A leca apresenta uma boa relação de área volume, é irregular e constitui um bom meio para a colonização das bactérias. Na figura 24 pode ser observada a cama de cultivo acima descrita.



Figura 24 - Cultivo em cascalho, sistema construído no estágio

II.6 – Os peixes

Atendendo ao facto do sistema ter sido construído com um objetivo mais didático, a escolha passou por colocar mais do que uma espécie de peixe de forma a mostrar várias possibilidades. As espécies escolhidas foram tenca (*Tinca tinca*), carpas koi (*Cyprinus carpio*) e limpa-fundos (*Hypostomus plecostomus*). São todos omnívoros, sendo esta a principal característica que facilita ter as diferentes espécies no mesmo aquário. O alimento é fornecido duas vezes ao dia (manhã / fim tarde), sendo este comercial de alta qualidade (muito rico em proteína). No futuro, a empresa tem como objetivo produzir o próprio alimento. Na figura 25 mostram-se alguns exemplares presentes no sistema.

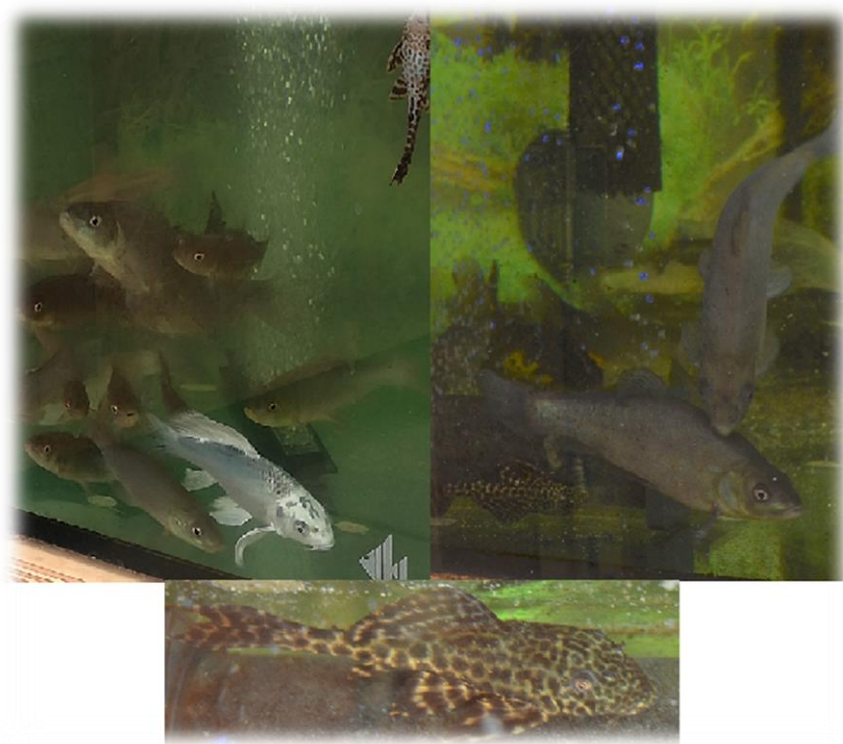


Figura 25 - Peixes mantidos no sistema: limpa-fundos, tenca e carpa koi

II.7 – As plantas

O objetivo não é a obtenção de lucro com a venda dos produtos, pelo que a seleção das plantas foi efetuada com o intuito de perceber que tipo de plantas tinham melhor crescimento e melhor facilidade de adaptação. Por esse motivo, tem sido plantadas diversos tipos, tais como: tomateiros, funcho, brócolos, papaieira, ervilheiras,

espinafres, quiabeiro, alfaces, agriões, morangueiros, maracujazeiro, cebolinho, manjerição e malaguetas. As plantas foram distribuídas pelos diferentes sistemas de crescimento. Em geral todas as plantas apresentaram bom crescimento e adaptação. Merecem destaque os tomateiros, funcho e brócolos com muito boa adaptação e crescimento. Na figura 26 é possível observar algumas das plantas produzidas no sistema.

De forma a garantir plantas bem nutridas, estas foram inseridas no sistema gradualmente, isto é foram sendo adicionadas consoante os parâmetros da água (pH, amónia, nitritos e nitratos) iam estabilizando. Todas as plântulas utilizadas são de origem biológica, provenientes do viveiro existente na herdade.

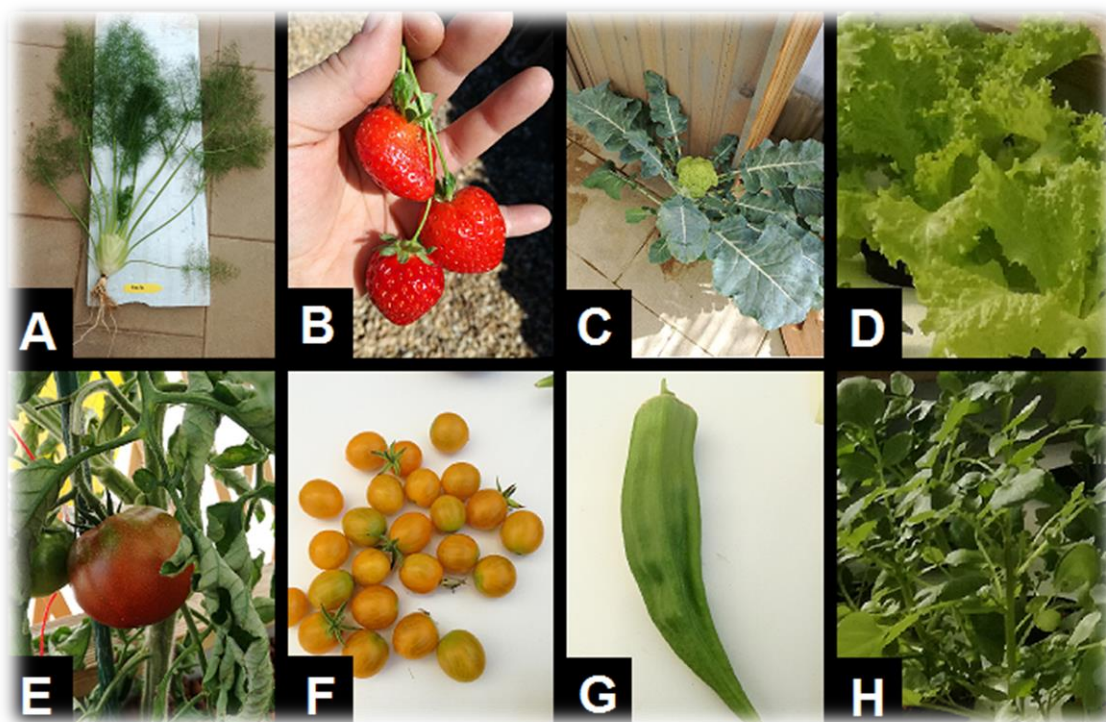


Figura 26 - Alguns exemplares produzidos no sistema. A) Funcho; B) Morangos; C) Brócolo; D) Alfaces; E) Tomate; F) Tomate cereja; G) Quiabo; H) Agriões

❖ **Plantas doentes** – Os investigadores pensam que as bactérias benéficas e microrganismos que se encontram em grande número nos sistemas aquapónicos ajudam as plantas no combate a doenças (Bernstein, 2011). Não podendo afirmar que se deveu ao facto acima mencionado, o facto é que foi colocada no sistema uma papaia que estava doente e passado algum tempo a papaia não mostrava mais sinais de doença, tal como se mostram a figura 27. Nessa figura pode ser observada a papaia doente (fotografia A), apresentando folhas amarelas como

consequência de estar afetada pelo aranha-vermelho (*Panonychus ulmi*) e a papaia recuperada, sem sinais de doença (fotografia B).

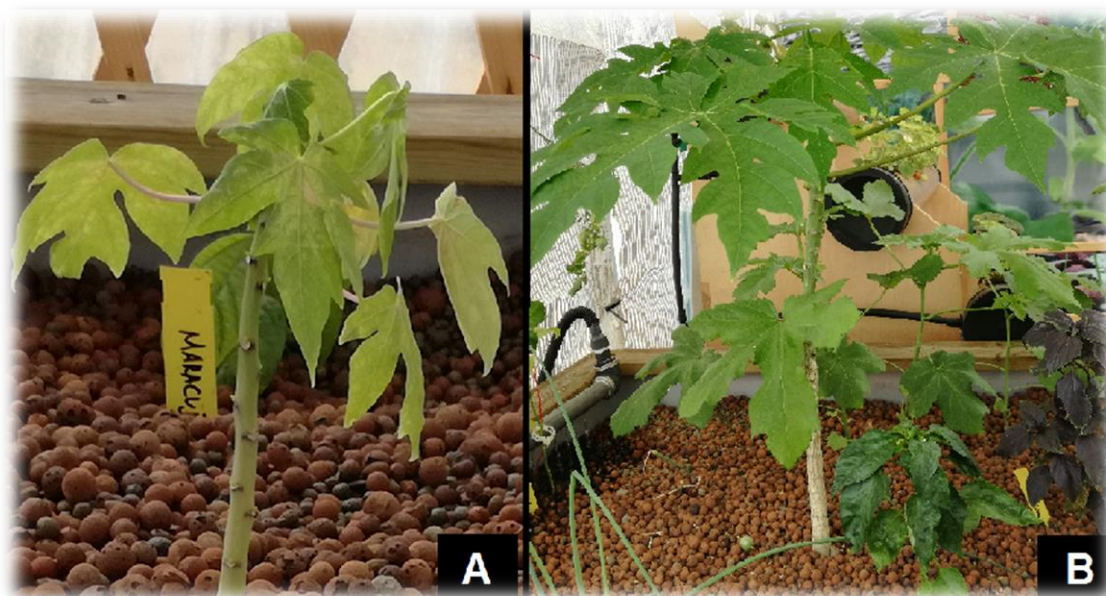


Figura 27 - Papaia, A) papaia infetada com aranha vermelho; B) papaia recuperada

- ❖ **Suplementação de nutrientes** - A prática comum quando se inicia um sistema aquapónico é a aplicação de alguns aditivos, contudo a decisão foi de não adicionar quaisquer aditivos a menos que as plantas comesçassem a apresentar sinais de carência. A grande surpresa foi que todas as plantas que iam sendo adicionadas adaptavam-se bem sem apresentarem sinais de carência. Desta experiência podemos afirmar que um sistema aquapónico tem a capacidade de autorregulação e equilíbrio da solução de nutrientes.

III – Proporção entre peixes e plantas

A forma utilizada para definir a proporção foi a que relaciona o volume de água do aquário com o volume de água das camas de crescimento, na razão 1:4.

IV - O sistema integrado

- ❖ **Ativação do filtro biológico** - Existem diferentes métodos descritos por

diversos autores, contudo decidiu-se não seguir nenhum em particular. Utilizando alguns dos princípios dos diferentes métodos, elaboramos o nosso próprio método.

❖ **O método utilizado passo a passo:**

1. Encher o sistema com água e ligar a bomba durante 2 dias, para que a água circule por todo o sistema.
2. Verificar o pH, se este se encontra dentro de um intervalo adequado para os peixes então passar para o próximo ponto, caso contrário corrigir o pH.
3. Introduzir alguns peixes no sistema, colocar algumas plantas (no sistema colocou-se apenas uma papaia) e diariamente medir os parâmetros de qualidade da água (pH, amónia, nitritos e nitratos).
4. Durante duas semanas apenas alimentar os peixes, verificar parâmetros de qualidade da água e repor água perdida por evaporação e evapotranspiração.
5. Nesta altura o sistema já está mais estável, pelo que devem ser adicionadas mais algumas plantas.
6. Deixar passar mais duas semanas e adicionar mais peixes ao sistema.
7. Neste ponto o ciclo deve estar completo, contudo é importante fazer as avaliações da qualidade da água.

❖ **Considerações sobre o método acima descrito**

- Todos os tempos acima descritos não estavam pré determinados, sendo que as decisões foram tomadas com base nos valores dos parâmetros da qualidade da água (amónia, nitritos, nitratos e pH), os quais podem variar de sistema para sistema.
- Este método revelou ser muito eficiente, pois o ciclo do azoto ficou completo em muito pouco tempo; se a isso aliarmos o facto dos valores dos parâmetros da qualidade da água terem-se mantido relativamente constantes, dentro dos recomendados, então a sua aplicação é uma mais-valia. Na tabela 3 estão representados os valores dos parâmetros qualidade da água referentes ao primeiro dia do ciclo e ao fim de 30 dias.

Tabela 3 - Valores dos parâmetros de qualidade da água, referentes ao primeiro dia do ciclo e ao fim de 30 dias.

Dia	1	30
pH	6,4	6,8
Cl ₂ (mg/l)	0	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0	0
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0	0
NH ₃ (mg/l)	0	0

V – Manutenção do sistema

A manutenção do sistema foi efetuada como descrita nas tarefas. Devido ao facto do sistema ser jovem e por se tratar de uma nova experiência decidiu-se medir os valores de qualidade da água diariamente. No anexo I poderão ser consultados os valores referentes às leituras diárias do cloro, pH, nitrito, nitrato e amónia. Na tabela 4 poderão ser observados os valores médios das leituras diárias.

Tabela 4 - Média dos valores diários dos parâmetros de qualidade da água

	Média
pH	6,8
Cl ₂ (mg/l)	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	4,9
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,07
NH ₃ (mg/l)	0,04

Elaboração de um manual de aquaponia

A elaboração de um manual didático de aquaponia foi o segundo objetivo do estágio. O manual é como um dois em um, tendo como objetivos dar a conhecer a aquaponia, divulgar esta forma de cultura, incrementar o interesse e a confiança nos produtos e ainda dar a possibilidade a cada pessoa de construir o próprio sistema. O manual encontra-se ainda em fase de revisão, contudo no anexo II pode ser consultada a versão provisória.

Considerações finais

- A aquaponia realmente começa quando temos um sistema completamente fechado onde as bactérias convertem os restos de ração não ingeridos e as fezes dos peixes em alimento para as plantas. Na figura 28 está uma fotografia do sistema construído durante o estágio.
- A aquaponia apresenta uma serie de vantagens, onde se destaca o facto de não gerar desperdícios
- Ainda existe um longo caminho a percorrer relativamente ao reconhecimento da aquaponia como uma mais-valia, começando por aceitar como produção biológica.



Figura 28 - Sistema aquapónico construído durante o estágio

Referências

- Alatorre-Jácome, O., García-Trejo, F., Rico-García, E. & Soto-Zarazúa, G. M. (2011). Aquaculture Water Quality for Small-Scale Producers. In *Aquaculture and the Environment - A Shared Destiny*, B. Sladonja (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/29141. Available from: <https://www.intechopen.com/books/aquaculture-and-the-environment-a-shared-destiny/aquaculture-water-quality-for-small-scale-producers>.
- Bernstein, S. (2011). *Aquaponic gardening: step-by-step guide to raising vegetables and fish together*. Second printing, New Society Publishers.
- Camargo, J., & Alonso, A. e. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*, 58: 1255-1267.
- Davidson, J., Good, C., Welsh, C., Summerfelt, S.T., 2014. Comparing the effects of high vs. low nitrate on the health, performance, and welfare of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* within water recirculating aquaculture systems. *Aquac. Eng.*, 59: 30–40.
- Diver, S. (2002). Root Zone Heating for Greenhouse Crops. Acedido em: 18 Novembro 2016 em: www.eduinca.net/elibrary/ru/book/download/id/7816. Obtido de Acedido em: 18 Novembro 2016 em: www.eduinca.net/elibrary/ru/book/download/id/7816
- Diver, S. (2006). *Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture*. ATTRA-National Sustainable Agriculture Information. 28p.
- Durborow, R. M., Crosby, D. M. & Brunson M. W. (1997). *Ammonia in Fish Pond*. SRAC (Southern Regional Aquaculture Center) Publication, nº 433. 2pp.
- Edgerton, M. D. (2009). Increasing Crop Productivity to Meet Global Needs for Feed, Food, and Fuel. *Plant Physiol.*, Vol. 149, p. 7 – 13.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2012*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2012.
- Filho, M. (2000). *Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água*. São Paulo, SP: Centro Universitário .
- Fisher, J. (2000). Facilities and husbandry (large fish models). . Ostrander, G.K (ed.), *The laboratory fish*. p. 13-39. Academic Press. Londres. 678pp.
- Graber, A., & Junge, R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246: 147-156.
- Hallam, M. (2013). *Living the Dream! 4 Day Commercial and Small Farm Training Manual*. Australian Edition 2. copyright by Murray Hallam.

- Interdonato, F. (2012). Recirculating aquaculture system (RAS) biofilters: focusing on bacterial communities. Tese de Doutoramento em Ciências Ambientais: Ambiente e os Recursos Marinhos. Universidade de Messina.
- Jacobs-McDaniels, N. L.(2014). Aquaponics Education in the Community College Setting. *Ann Aquac Res* 1(1): 1005.
- Lekang, O. (2007). *Aquaculture Engineering*. 1º Edição, Blackwell Publishing. Oxford. pp.354
- Lennard, W. (2012). Aquaponic system design parameters: Fish to plant ratios (Feeding rate ratios). *Aquaponic Fact Sheet Series - Fish to Plant Ratios*. Aquaponic Solutions. 11 pp.
- Losordo, T. M., Masser, M. P., & Rackoy, J. E. (1998). Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations. SRAC (Southern Region Aquaculture Center) Publication, n.451.
- Losordo, T. M., Masser, M. P., & Rackocy, J. E. (1999). Recirculating aquaculture tank production systems. A review of component options. SRAC (Southern Regional Aquaculture Center) Publication, nº 453. 12pp.
- Love, D. C., Fry, J. P., Genello, L., Hill, E. S., Frederick, J. A., Li, X. & Semmens, K. (2014). An International Survey of Aquaponics Practitioners. *PLoS ONE* 9(7): e102662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102662>.
- MacIntyre, C.M., Ellis, T., North, B.P., Turnbull, J.F. 2008. The influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout: a review. In: Branson, E.J. (ed) *Fish welfare*, p. 150-184. Blackwell Publishing, Oxford. 316 pp.
- Masser, M. P., Rakocy, J. & Losordo, T. M. (1999). Recirculating aquaculture tank production systems: management of recirculating systems. SRAC (Southern Regional Aquaculture Center) Publication, nº 452. 12pp.
- Parker, R. (2012). *Aquaculture science*. 3ª Edição, Delmar. Clifton Park, USA. 672 pp.668
- Pereira, A., Carvalho, A.P., Cruz, C., Saraiva, A. 2017. Histopathological changes and zootechnical performance in juvenile zebrafish (*Danio rerio*) under chronic exposure to nitrate. *Aquaculture*, 473:197-205.
- Rakocy, J.E. (2007) Ten Guidelines for Aquaponic Systems. *Aquaponics Journal*, 46: 14–17.
- Rackoy, J., Masser, M., & Losordo, T. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. SRAC (Southern Regional Aquaculture Center) Publication, nº 454. 16pp.
- Resh, H. M. (2013). *Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower*. 7th Edition. CRC Press. Boca Raton FL, USA. 560 pp.

- Rodrigues, R.V., Schwarz, M.H., Delbos, B.C., Carvalho, E.L., Romano, L.A., Sampaio, L.A., 2011. Acute exposure of juvenile cobia *Rachycentron canadum* to nitrate induces gill, esophageal and brain damage. *Aquaculture*, 322-323: 223–226.
- Timmons, M. B. & Ebling, J. M. (2010). *Recirculating aquaculture*. 2ªEdição, Cayuga Aqua Venture. Ithaca.pp.948
- Tokuyama, T., Mine, A., Kamiyama, K., Yabe, R., Satoh, K., Matsumoto, H., Takahashi, R. & Itonaga, K. (2004). *Nitrosomonas communis* strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. *J. Biosci. Bioeng.*, 98(4): 309-312.
- Van Bussel, C.G.J., Schroeder, J.P., Wuertz, S., Schulz, C., 2012. The chronic effect of nitrate on production performance and health status of juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 326-329: 163–167.
- Wa Wahap, N., Estim, A., Kian, A. Y. S., Senoo, S., & Mustafa, S. (2010). Producing Organic Fish and Mint in an Aquaponic System. A Model of Green Technology in Action. *Aquaponics Journal*, 58: 28-32.
- Wilson, G. (2005). Australian barramundi farm goes aquaponic. *Aquaponics Journal*, 37: 12-16.

Anexo I

Registos diários da qualidade da água (pH, amónia, nitritos e nitratos)

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
1	13/01/2017	6,4	0	0	0	0	Introdução dos primeiros peixes e da papaia
2	14/01/2017	-	-	-	-	-	Sábado
3	15/01/2017	-	-	-	-	-	Domingo
4	16/01/2017	6,4	0	0	0	0	-
5	17/01/2017	6,4	0	0	0	0	-
6	18/01/2017	6,4	0	0	0	0	-
7	19/01/2017	6,4	0	0	0	0	-
8	20/01/2017	6,4	0	0	0	0	Adição de corretor de pH
9	21/01/2017	-	-	-	-	-	Sábado
10	22/01/2017	-	-	-	-	-	Domingo

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
11	23/01/2017	6,4	0	0	0	0	-
12	24/01/2017	6,4	0	0	0	0	Adição de pH
13	25/01/2017	6,8	0	0	0	0	-
14	26/01/2017	6,8	0	0	0	0	-
15	27/01/2017	6,8	0	0	0	0	-
16	28/01/2017	-	-	-	-	-	Sábado
17	29/01/2017	-	-	-	-	-	Domingo
18	30/01/2017	6,8	0	0	0	0,6	-
19	31/01/2017	6,8	0	0	0	0,6	Adição de mais plantas - tomate, bróculos, maracujá, funcho e ervilhas
20	01/02/2017	6,8	0	0	0	0,6	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
21	02/02/2017	7,2	0	0	0	0	-
22	03/02/2017	7,2	0	0	0	0	Plantação no sistema flutuante- alface, agrião e espinafres
23	04/02/2017	-	-	-	-	-	Sábado
24	05/02/2017	-	-	-	-	-	Domingo
25	06/02/2017	6,8	0	0	0	0	-
26	07/02/2017	6,8	0	0	0	0	-
27	08/02/2017	6,8	0	10	0	0	Plantação sistema de tubos - Morangos
28	09/02/2017	6,8	0	10	0	0	-
29	10/02/2017	6,8	0	0	0	0	-
30	11/02/2017	-	-	-	-	-	Sábado

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
31	12/02/2017	-	-	-	-	-	Domingo
32	13/02/2017	6,8	0	0	0	0	-
33	14/02/2017	6,8	0	0	0	0	-
34	15/02/2017	6,8	0	10	0	0	-
35	16/02/2017	6,8	0	10	0	0	-
36	17/02/2017	6,8	0	10	0	0	-
37	18/02/2017	-	-	-	-	-	Sábado
38	19/02/2017	-	-	-	-	-	Domingo
39	20/02/2017	6,8	0	0	0	0	Adição de mais peixes
40	21/02/2017	6,8	0	0	0	0	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
41	22/02/2017	7,2	0	0	0	0,6	-
42	23/02/2017	7,2	0	10	0	0,6	-
43	24/02/2017	6,8	0	0	0	0	-
44	25/02/2017						Sábado
45	26/02/2017	-	-	-	-	-	Domingo
46	27/02/2017	6,8	0	0	0	0	-
47	28/02/2017	-	-	-	-	-	Carnaval
48	01/03/2017	6,8	0	0	0	0	Colheita das 1 ^{as} alfaces e agriões
49	02/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
50	03/03/2017	6,8	0	0	0	0	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
51	04/03/2017	-	-	-	-	-	Sábado
52	05/03/2017	-	-	-	-	-	Domingo
53	06/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
54	07/03/2017	6,4	0	0	0	0	Adição de corretor de pH
55	08/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
56	09/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
57	10/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
58	11/03/2017	-	-	-	-	-	Sábado
59	12/03/2017	-	-	-	-	-	Domingo
60	13/03/2017	6,8	0	0	0	0	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
61	14/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
62	15/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
63	16/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
64	17/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
65	18/03/2017	-	-	-	-	-	Sábado
66	19/03/2017	-	-	-	-	-	Domingo
67	20/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
68	21/03/2017	7,2	0	0	0	0	-
69	22/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
70	23/03/2017	6,8	0	0	0	0	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
71	24/03/2017	6,8	0	0	0	0	Apanha do funcho
72	25/03/2017	-	-	-	-	-	Sábado
73	26/03/2017	-	-	-	-	-	Domingo
74	27/03/2017	7,2	0	0	0	0	-
75	28/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
76	29/03/2017	6,8	0	0	0	0	Colheita dos 1 ^{os} Morangos
77	30/03/2017	6,8	0	0	0	0	-
78	31/03/2017	6,8	0	0	0	0,6	Aparecimento de pulgões nos agriões
79	01/04/2017	-	-	-	-	-	Sábado
80	02/04/2017	-	-	-	-	-	Domingo

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
81	03/04/2017	6,8	0	0	0	0	Aplicação de água com alho fervido- para eliminar pulgões
82	04/04/2017	6,8	0	0	0	0	quantidade de pulgões muito menor- continuação da aplicação insecticida natural
83	05/04/2017	6,8	0	0	0	0	sem pulgões visíveis, apanha dos bróculos
84	06/04/2017	6,8	0	0	0	0	-
85	07/04/2017	6,8	0	0	0	0	-
86	08/04/2017	-	-	-	-	-	Sábado
87	09/04/2017	-	-	-	-	-	Domingo
88	10/04/2017	6,8	0	0	0	0	-
89	11/04/2017	6,8	0	0	0	0	-
90	12/04/2017	6,8	0	0	0	0	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
91	13/04/2017	6,4	0	0	0	0	-
92	14/04/2017	-	-	-	-	-	Feriado
93	15/04/2017	-	-	-	-	-	Sábado
94	16/04/2017	-	-	-	-	-	Domingo
95	17/04/2017	6,4	0	0	0	0	-
96	18/04/2017	6,8	0	0	0	0	-
97	19/04/2017	6,8	0	0	0	0	-
98	20/04/2017	6,8	0	0	0	0	-
99	21/04/2017	6,8	0	0	0	0	-
100	22/04/2017	-	-	-	-	-	Sábado

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
101	23/04/2017	-	-	-	-	-	Domingo
102	24/04/2017	6,8	0	0	0	0	colheita dos primeiros tomates
103	25/04/2017	-	-	-	-	-	Feriado
104	26/04/2017	7,2	0	10	0	0	-
105	27/04/2017	7,2	0	10	0	0	-
106	28/04/2017	6,8	0	10	0	0	-
107	29/04/2017	-	-	-	-	-	Sábado
108	30/04/2017	-	-	-	-	-	Domingo
109	01/05/2017	6,8	0	10	0	0	-
110	02/05/2017	6,8	0	10	0	0	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
111	03/05/2017	7,2	0	10	0	0	-
112	04/05/2017	7,2	0	10	0	0	-
113	05/05/2017	7,2	0	0	0	0	-
114	06/05/2017	-	-	-	-	-	Sábado
115	07/05/2017	-	-	-	-	-	Domingo
116	08/05/2017	7,2	0	0	0	0	-
117	09/05/2017	7,2	0	25	1	0	-
118	10/05/2017	7,2	0	25	5	0	-
119	11/05/2017	7,2	0	20	0	0	-
120	12/05/2017	6,8	0	25	1	0	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
121	13/05/2017	-	-	-	-	-	Sábado
122	14/05/2017	-	-	-	-	-	Domingo
123	15/05/2017	6,8	0	25	1	0,6	-
124	16/05/2017	6,8	0	25	0	0	-
125	17/05/2017	6,8	0	25	0	0	-
126	18/05/2017	6,8	0	25	0	0	-
127	19/05/2017	6,8	0	25	0	0	-
128	20/05/2017	-	-	-	-	-	Sábado
129	21/05/2017	-	-	-	-	-	Domingo
130	22/05/2017	6,8	0	25	0	0,6	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
131	23/05/2017	6,8	0	25	0	0	-
132	24/05/2017	7,2	0	25	0	0	-
133	25/05/2017	6,8	0	25	0	0	-
134	26/05/2017	6,8	0	10	0	0	-
135	27/05/2017	-	-	-	-	-	Sábado
136	28/05/2017	-	-	-	-	-	Domingo
137	29/05/2017	6,8	0	10	0	0	-
138	30/05/2017	6,8	0	10	0	0	-
139	31/05/2017	6,8	0	10	0	0	-
140	01/06/2017	6,8	0	10	0	0	-

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
141	02/06/2017	6,8	0	10	0	0	-
142	03/06/2017	-	-	-	-	-	Sábado
143	04/06/2017	-	-	-	-	-	Domingo
144	05/06/2017	6,8	0	10	0	0	-
145	06/06/2017	6,8	0	10	0	0	-
146	07/06/2017	6,8	0	10	0	0	-
147	08/06/2017	6,8	0	0	0	0	-
148	09/06/2017	6,8	0	0	0	0	-
149	10/06/2017	-	-	-	-	-	Sábado
150	11/06/2017	-	-	-	-	-	Domingo

Registo de dados do sistema							
Dia	Data	pH	Cl ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Observações
151	12/06/2017	6,8	0	0	0	0	-
152	13/06/2017	6,8	0	0	0	0	-
153	14/06/2017	6,8	0	0	0	0	-
154	15/06/2017	-	-	-	-	-	Feriado
155	16/06/2017	6,8	0	0	0	0	-
156	17/06/2017	-	-	-	-	-	Sábado
157	18/06/2017	-	-	-	-	-	Domingo
158	19/06/2017	6,8	0	0	0	0	-
159	20/06/2017	6,8	0	0	0	0	-
160	21/06/2017	6,8	0	0	0	0	-

Anexo II

Manual efetuado durante o estágio

Aquaponia

Resumo

O presente manual contém todos os aspetos fundamentais da aquaponia mas também toda a explicação sobre um sistema modelo que construímos com o objetivo de divulgar e despertar interesse sobre esta forma de obtenção de alimentos.

- **Nota: Ao longo de todo o manual teremos a descrição geral sobre aquaponia (a branco), lado a lado com o caso particular (a cinza).**

Introdução

O crescente aumento da população mundial traduz-se numa maior necessidade de produção de alimentos, no entanto observa-se uma menor disponibilidade de solos cultiváveis e de acesso a água potável. É fundamental encontrar novas formas de cultivo e produção alimentar. Atualmente, a aquaponia apresenta-se como uma solução viável aos métodos mais tradicionais, apresentando uma série de vantagens tanto ao nível de qualidade dos produtos obtidos, bem como da economia dos recursos que utiliza. Todavia, ainda é uma forma de cultivo desconhecida para a grande maioria da população Portuguesa. Dar a conhecer esta forma de produção de alimentos à população permitirá, por um lado chamar a atenção dos consumidores aumentando a confiança e o sentimento de segurança neste tipo de produtos, e por outro lado chamar a atenção da indústria para produções mais sustentáveis. Educar os consumidores para escolhas mais amigas do ambiente pode, por vezes, ser uma tarefa difícil. No entanto, é possível educar e sensibilizar mais facilmente os mais novos, isto é, crianças e jovens adolescentes. A Herdade da Aberta Nova, através de uma parceria com o Centro de Ciência Viva do Lousal, pretende chamar a atenção dos mais novos (e não só) para a importância da aquaponia como meio de produção integrada e sustentada de organismos (animais e plantas) para consumo/uso humano.

Trata-se de um sistema construído a uma escala doméstica, contudo contém todas as diferentes opções de sistemas de crescimento de plantas. Todo o projeto foi pensado com o intuito de ser didático e pedagógico. Trata-se de um sistema simples, onde os custos de manutenção são relativamente baixos. No decorrer do manual está disponível toda a informação sobre o mesmo.

1. Definições de aquaponia

Segundo Hallam (2013), a aquaponia é a integração bem sucedida das disciplinas da aquacultura e da hidroponia. Esta nova disciplina tem muitas mais vantagens que as outras duas, com base nas respetivas forças, permitindo que se estabeleça uma relação de simbiose entre peixes e plantas. A aquaponia é muito mais do que o cultivo integrado de peixes e plantas, é a criação de um ecossistema.

Outra forma de definir aquaponia é a sugerida por Bernstein (2011), aquaponia é: o cultivo de peixes e plantas juntos num ecossistema construído com recirculação, que utiliza ciclos naturais das bactérias para converter os resíduos produzidos pelos peixes em nutrientes para as plantas. Sendo ambientalmente ecológico, é um sistema natural de crescimento de alimentos que aproveita os melhores atributos da aquacultura e hidroponia sem a necessidade de descartar qualquer quantidade de água, filtrado ou adicionar fertilizantes químicos.

Vejamos individualmente as componentes desta definição:

- “cultivo” - é um sistema de agricultura para o cultivo de peixes e plantas que queremos consumir.
- “Peixes e plantas juntos” – estas quatro palavras descrevem a base da aquaponia. Se os peixes e as plantas não crescerem juntos, não se tem um sistema aquapónico.
- “Ecossistema” - é definido como “Conjunto das relações de interdependência, reguladas por condições físicas, químicas e biológicas, que os seres vivos estabelecem entre si e também com o meio ambiente em que habitam.” A aquaponia é um ecossistema de plantas, peixes e bactérias.

- “ecossistema construído” - assim elimina-se as plantas que são cultivadas nas margens de lagos ou lagoas a partir da definição de aquaponia. Quando se está centrado na noção de ecossistema, deve-se construir um ecossistema que tem como objetivo cultivar peixes e plantas juntos.
- “Recirculação do ecossistema” - Este ecossistema construído também deve reter a água em recirculação sem que esta seja perdida.
- “utiliza ciclos naturais das bactérias para converter os resíduos produzidos pelos peixes em nutrientes para as plantas” - este fator é a chave para que a aquaponia funcione. As bactérias nitrificantes convertem os resíduos dos peixes em alimento para as plantas, os peixes não tardariam a morrer nos próprios desperdícios e as plantas morreriam de fome por falta de nutrição.

Então por outras palavras, aquaponia é um sistema onde os peixes e as plantas crescem juntos simbioticamente. Os desperdícios produzidos pelos peixes providenciam alimento para as plantas e as plantas filtram a água, retornando esta para os peixes. (sylvia Bernstein)

1.1 Aquaponia

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquacultura (produção de organismos aquáticos) e a hidroponia (produção de plantas sem solo) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Devido às suas características de sustentabilidade a aquaponia apresenta-se como uma verdadeira alternativa para a produção de alimentos de forma menos impactante para o meio ambiente (Diver, 2006).

A aquaponia funciona em sistema fechado, onde existe uma íntima inter-relação entre os resíduos dos peixes e os vegetais. Segundo Rakocy et al. (2006), a aquaponia sendo uma modalidade de cultivo integrado oferece uma série de benefícios, onde uma cultura secundária aproveita os subprodutos de uma cultura primária para o seu benefício e em benefício do meio. O modelo de aquaponia é composto essencialmente por três componentes: sistema de produção de peixe em fluxo contínuo, sistema de filtro biológico e hidroponia. Cada projeto tem as suas próprias características, contudo a técnica é estabelecida por um sistema de recirculação de água: a água proveniente da produção animal tem de ser tratada pelo filtro biológico de forma a transformar os resíduos dos peixes em alimento para as plantas, posteriormente irriga as plantas e por fim retorna aos tanques.

No entanto, a aquaponia exige a compreensão dos elementos biológicos envolvidos no sistema, visto que um sistema aquapónico em pleno funcionamento é um ecossistema. Segundo Hallam (2013), nenhum produto químico deve ser adicionado ou pulverizado, uma vez que os peixes morreriam. Uma forma de manter as pragas em valores mínimos é construir o sistema numa estufa, a utilização de sprays ecológicos e introduzir insetos benéficos; desta forma, eventualmente, um equilíbrio natural será alcançado. A aquaponia é totalmente orgânica. Este trabalho traz, portanto, uma abordagem sobre os conceitos e princípios da aquaponia.

1.2 Princípios biológicos

A aquaponia propõe a reutilização total da água, evitando o desperdício e diminuindo significativamente a libertação de efluente no meio ambiente. O volume de água necessário para um sistema de aquaponia é muito baixo comparativamente aos sistemas tradicionais de agricultura e aquacultura, que envolvem irrigação diária e renovação constante de água, respetivamente. Um sistema de aquaponia em pleno funcionamento só necessita de reposição da água que é perdida por evaporação e evapotranspiração. A aquaponia utiliza apenas 10% da água requerida pelos métodos tradicionais de cultura de peixes e plantas (Murray Hallam, 2013). Esta característica torna este sistema mais eficiente na utilização da água que a hidroponia, uma vez que os sistemas hidropónicos necessitam de renovações constantes da solução hidropónica de nutrientes. Filho (2000) salienta que a aquaponia apresenta-se como um sistema de criação de peixes “Intensivo com Recirculação de Água” (SIRA), cujas principais vantagens são o controlo da qualidade da água, a minimização dos resíduos orgânicos resultantes da aquacultura, a redução da proliferação de algas e fungos (que podem conferir sabor desagradável ao peixe), a possibilidade de obtenção de várias colheitas durante o ano e a possibilidade de manuseamento intensivo para a obtenção de produtos mais homogéneos.

Num sistema aquapónico o fornecimento de ração é essencial. Os peixes, ao alimentarem-se da ração, produzem excreções que posteriormente serão convertidas nos nutrientes que irão ser absorvidos pelas plantas. Na aquaponia, o fluxo de nutrientes entre diferentes organismos vivos, que se relacionam via ciclos biológicos naturais, é contínuo, de onde se destaca a nitrificação promovida pelas bactérias. As bactérias nitrificantes são responsáveis pela conversão da amónia (NH_3) em nitrito (NO_2^-) e deste em nitrato (NO_3^-), desta forma os compostos azotados que são produzidas pelos peixes são transformadas em nutrientes que podem ser assimilados pelas plantas. O consumo dos nutrientes pelas plantas e a ação das bactérias, são processos fundamentais para a filtração da água, garantindo as condições apropriadas para o desenvolvimento normal dos peixes (fig. 1).

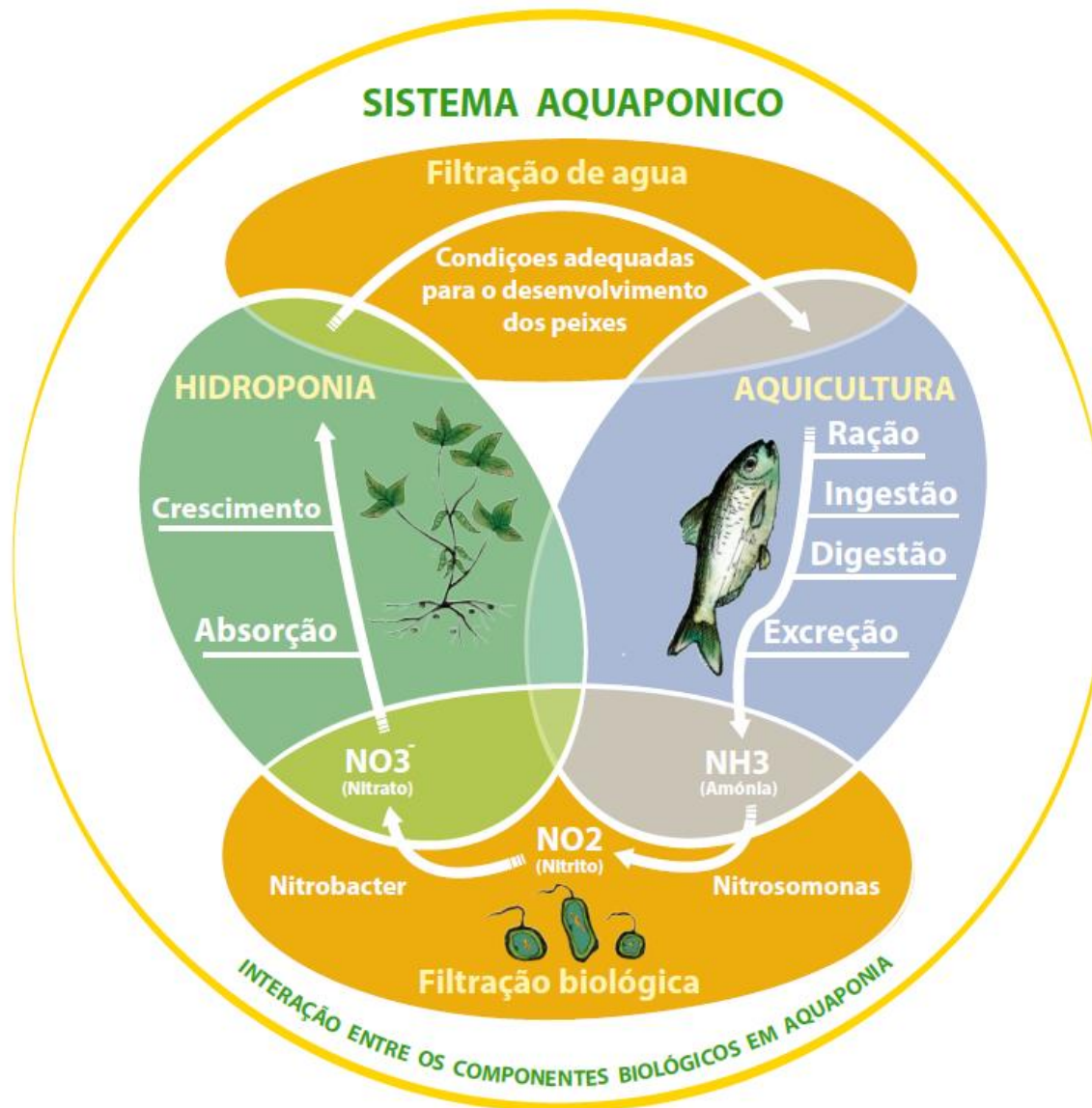


Figura 1 : Interação entre os componentes biológicos em aquaponia (Imagem de : Sílvia Ghitoc, Aberta Nova)

É fundamental a compreensão e manipulação das colónias de bactérias em aquaponia, uma vez que o azoto é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas sendo o nitrato a forma preferida de absorção (Tokuyama, 2004). Estas bactérias aparecem no filtro biológico de forma natural, todavia a sua presença pode ser estimulada trazendo por exemplo água de outro local onde se conheça a sua presença. Usualmente é necessário esperar 20 a 40 dias após a introdução dos peixes para que o ciclo de nitrificação se encontre em equilíbrio e seja possível o início da introdução das plantas no sistema. As bactérias heterotróficas, disponibilizam energia para as plantas pelo consumo de carbono orgânico, desta forma torna-se evidente que também estas bactérias tem um papel importante nos sistemas aquapónicos. Contudo estas bactérias não conseguem degradar toda a matéria orgânica. Assim, de forma a evitar desperdícios de matéria orgânica e consequentemente aumentar a produtividade do sistema, devem ser adicionadas minhocas vermelhas para compostagem, nas camas de crescimento. Segundo Hallam (2013), as minhocas são o “ingrediente secreto” em aquaponia. Para além de fazerem a digestão dos desperdícios sólidos e matéria morta das raízes, ainda disponibilizam fertilizantes naturais.

Um dos pontos mais críticos em aquaponia é o pH, pelo que exige muita atenção dentro do sistema. Peixes, plantas, bactérias e minhocas são organismos muito distintos que partilham o mesmo meio. Para que o pH seja mantido numa faixa satisfatória para todos estes organismos é de extrema importância conhecer as necessidades de cada um individualmente. O pH recomendado para um sistema aquapónico deve variar entre 6,5 e 7,0 de forma a satisfazer todos os elementos biológicos presentes no sistema, uma vez que as bactérias nitrificantes tem pH ótimo no intervalo 7,0 e 8,0, já as plantas cultivadas em hidroponia crescem melhor num pH entre 5,5 e 6,5, por fim os peixes de água doce com interesse económico têm pH ideal entre 7,0 e 9,0 (Braz Filho, 2000).

1.3 Componentes do sistema de aquaponia

Os sistemas podem ser construídos tanto no exterior, numa divisão de uma casa ou numa estufa. A escolha pelo local deve ter em conta diversos fatores.

- Exterior – nalguns países em que as variações de temperatura não são muito grandes a grande desvantagem é o controlo de insetos e pestes. Quando pensamos em Portugal, existem mais uma série de pontos a ter em conta, nomeadamente a temperatura e presença de geadas que torna impossível o cultivo de algumas espécies de plantas e peixes.
- Numa divisão da casa – neste caso temos um maior controlo de fatores como a temperatura e os insetos. Contudo, é importante ter em atenção outro fator muito importante, a luz. Tratando-se de uma zona em que existe pouca luz natural, então de forma a combater essa deficiência, tem de ser colocada luz artificial, o que vai acrescentar um custo.
- Em estufa – esta é a melhor opção, uma vez que nos permite um maior controlo de todos os fatores e acesso a luz natural, pelo que a única desvantagem será os custos de construção da mesma.

O sistema foi construído no interior de uma estufa, desta forma temos um maior controlo dos diferentes parâmetros.

1.3.1 Canalização

Em aquaponia a água e os nutrientes nela dissolvidos movimentam-se através de um sistema de recirculação. Para que a água e os nutrientes circulem pelo sistema é necessário existir uma força impulsionadora, força essa obtida recorrendo a uma bomba. São ainda necessários tubos para fazer a ligação entre os diferentes componentes do sistema. Uma forma simples de perceber é imaginar o sistema à imagem do nosso sistema circulatório, isto é a bomba é o coração, os tubos são as veias e artérias e, por fim, a água é o sangue. Desta forma, tal como no corpo humano, um sistema aquapónico morrerá rapidamente se a bomba deixar de funcionar ou se esta estiver mal dimensionada, tubos entupidos ou o mecanismo de sincronismo irregular.

A bomba

Existem variados tipos de bombas, de vários tamanhos, potência, submersíveis ou não, entre outras variações. Aquando da escolha da bomba devemos sempre ter em atenção as necessidades do sistema, isto é, a bomba deve ter potência suficiente para que a água no tanque tenha um bom movimento. Normalmente os sistemas só necessitam de uma bomba, contudo quando se trata de grande sistemas comerciais frequentemente esse número aumenta tanto quanto a necessidade de potência. No sistema deve-se ter sempre uma segunda bomba pronta a utilizar caso a bomba primária falhe ou precise de manutenção.

A bomba

Sistema de bombeamento com um bomba submersível.

As bombas geralmente são descritas com base em dois parâmetros: caudal e pressão. Aquando da escolha da bomba devem ser escolhidas fontes confiáveis, é um dos pontos onde não dá para economizar, as bombas são demasiado importantes.

Os tubos

Maioritariamente os tubos utilizados em aquaponia são de PVC (Policloreto de vinila) ou CPVC (policloreto de vinila clorado) uma vez que são seguros para a produção de alimentos, duráveis, não enferrujam, amplamente disponíveis, fáceis de cortar e não são demasiado caros. A estas vantagens alia-se o facto de existir uma enorme variedade de acessórios prontamente disponíveis, tais como válvulas, cantos, tampas, juntas, T's, entre outros. Os tubos podem ser enroscados ou encaixados, e os acessórios para tubos são organizados por conectores macho e fêmea. As extremidades dos acessórios dos tubos são ligeiramente maiores do que o resto do tubo para acomodar as ligações sem restringir o diâmetro interno do tubo. Isto faz com que o fluxo de água seja consistente. O uso de colas para juntas dos tubos devem ser evitadas, utilizando-se apenas em caso de absoluta necessidade.. Existem diversos acessórios que facilitam as ligações entre os tubos e as camas de cultivo.

OS tubos

Recorreu-se a tubos de PVC de diâmetro 32mm. Todos os tubos foram encaixados, para tal recorreu-se a diversos acessórios de forma a fazer as ligações entre os tubos e as camas de crescimento. Mais especificamente foram utilizados passa muros e curvos (joelhos PVC). Os tubos utilizados para bombeamento da água para os diversos locais são de menor diâmetro, 15mm.

1.3.2 Água

Origem da água

Dependendo de qual seja a fonte da água a ser utilizada, existirão diferentes aspetos a ter em conta.

- Água municipal - Os municípios tendem a preocupar-se com a corrosão ácida dos tubos domésticos, normalmente a água que sai da maioria das torneiras domésticas apresenta um pH acima de 7 (neutro). Certamente também contém cloro, facilmente removido, para isso basta encher o tanque, ligar a bomba e deixar a água circular pelo sistema por um a dois dias. O cloro vai deixando a água naturalmente, contudo se se adicionar oxigenação o processo é mais rápido. Durante este processo o pH vai oscilar, por isso neste ponto não se deve fazer nada em relação ao mesmo, só após a água estar livre do cloro. Uma outra forma de retirar o cloro da água é comprar um filtro de decoloração e instalá-lo em linha na torneira de abastecimento. Com este filtro colocado na torneira de abastecimento não há problema em encher diretamente os tanques, pois o cloro é removido pelo filtro.

Se a água municipal for tratada com cloramina, então a utilização dessa água terá que ser mais cuidadosa porque a cloramina é mais difícil de eliminar. Apesar da luz solar (raios UV) poder eliminar a cloramina, caso se pretenda utilizar água tratada com cloramina, recomenda-se que esta água seja filtrada por um filtro de carvão ativado ou filtro de UV antes de encher os tanques.

- Água da chuva e água dos aquíferos subterrâneos – A água da chuva é uma excelente fonte de abastecimento para os sistemas uma vez que é relativamente pura e livre de cloro e cloraminas. Contudo o uso desta fonte de água só é possível para pequenos sistemas uma vez que seria impossível abastecer um sistema industrial devido às suas dimensões. Além disso, o facto do abastecimento de água estar dependente de chover torna necessário ter um sistema para a armazenar. Outra boa fonte de água a considerar é a proveniente dos aquíferos subterrâneos, contudo é importante fazer análises, uma vez que a maioria tem uma variedade de minerais, alguns dos quais podem não ser benéficos para o sistema. Um ponto a ter em atenção é o facto desta água muitas vezes conter altos teores de dióxido de carbono, recomendando-se por isso arejar bem a água por um par de dias antes de usá-la no sistema.

A água utilizada no sistema tem proveniência nos aquíferos subterrâneos, apresentando uma série de características vantajosas, nomeadamente ser livre de cloro e cloramina.

1.3.3 Oxigénio dissolvido

O oxigénio dissolvido na água do sistema é fundamental para que os peixes respirem, mas não só, o oxigénio também é indispensável para as raízes das plantas, bactérias e minhocas. Assim fica claro que a quantidade de oxigénio dissolvido influencia a forma como o sistema vai funcionar, isto é, se o sistema não estiver bem oxigenado todos elementos biológicos poderão ter um crescimento reduzido ou mesmo morrerem. O oxigénio dissolvido ou OD é medido em partes por milhão (ppm). O ponto de saturação é a quantidade máxima de oxigénio que pode ser dissolvido na água, este o qual varia com uma serie de fatores:

- I. Temperatura – quanto mais alta for a temperatura menor a quantidade de oxigénio dissolvido.
- II. Altitude e pressão atmosférica – quanto menor a altitude maior a quantidade de oxigénio dissolvido, uma vez que a pressão atmosférica aumenta para baixas altitudes.
- III. Salinidade – o oxigénio dissolvido diminui com o aumento da salinidade.

A ocorrência de algas nos tanques pode provocar consequências devastadoras , uma vez que estas tem um rápido crescimento e consomem muito oxigénio, pois durante a noite tem a capacidade de reverter a sua abordagem de troca gasosa, absorvendo oxigénio e libertando dióxido de carbono. Portanto as algas conseguem consumir tanto oxigénio que este pode chegar a um ponto crítico.

Tendo em consideração que o oxigénio é essencial para todos os componentes biológicos do sistema, aquando da construção tivemos isso em conta. Uma forma de oxigenar a água é promover o movimento da mesma à superfície. Para tal neste sistema contamos com um sistema de auto – sifão, quedas de água e pedras difusoras.

Uma forma fácil de adicionar oxigénio à água é fazer com que exista movimento à superfície, quanto maior for o distúrbio à superfície mais oxigénio se está a adicionar ao tanque. Em caso de duvida dos requisitos de oxigénio da espécie de peixes que se pretende utilizar é preferível ter sempre mais do que menos oxigénio. É muito difícil ter demasiado oxigénio dissolvido, o mais provável é este estar em défice do que próximo do ponto de saturação. Contudo pode acontecer ter demasiado OD. Demasiado OD no tanque pode causar uma doença nos peixes, a que se dá o nome “ Doença das bolhas de gás”.

Em geral os níveis de oxigénio nos tanque de criação dos peixes devem estar acima de 6ppm, sendo que a maioria dos peixes ficarão stressados a 3ppm e morrerão abaixo de 2ppm.

1.3.4 Ambiente para produção de peixe

Em sistemas aquapônicos normalmente são utilizados tanques como meio para o crescimento dos peixes. Os tanques apresentam muitas variações de forma, volume e tipos de materiais, todavia como se trata de um ambiente para a produção de alimento os materiais utilizados tem de ser escolhidos de forma cuidadosa, isto é, não podem libertar substâncias tóxicas para o meio de cultura.

Um fator muito importante é o fluxo de água no interior do tanque, pelo que é necessário ter em atenção a taxa de renovação bem como a sua velocidade. A velocidade deve ter em conta dois princípios: ser suficiente para ajudar a eliminação das fezes produzidas pelos peixes e, ao mesmo tempo, não ser demasiado elevada de forma a evitar esforço natatório por parte dos mesmos e, conseqüentemente, prejudicar o crescimento e bem-estar dos peixes.

Temperatura

Os peixes são poiquilotérmicos (ou também designados por ectotérmicos), isto é são animais de “sangue-frio”, não têm mecanismos para controlar a temperatura interna do seu corpo, pelo que a taxa do seu metabolismo depende da temperatura do meio externo. Esta característica faz com que os peixes sejam muito eficientes na utilização da energia para crescer. Dependendo da temperatura no meio natural, diferentes peixes têm diferentes requisitos de temperatura da água de cultivo.

Como se trata de um pequeno sistema, e tal como já foi referido anteriormente tem como principal objetivo servir para divulgação, optamos por um aquário de vidro, uma vez que desta forma os peixes são facilmente visíveis.

A água do aquário está constantemente a ser renovada pois a água filtrada pelas plantas nas camas de crescimento é bombeada para o aquário e deste vai sendo drenada para a *sump* onde vai novamente irrigar as plantas. Desta forma o nível de água no aquário é constante e ao mesmo tempo a água é renovada.

Temperatura

De forma a satisfazer os requisitos dos diferentes componentes biológicos presentes no sistema a temperatura foi mantida entre os 20°C e os 25°C. Desta forma teve-se de recorrer a resistências para aquecer a água e manter à temperatura desejada.

Filtros de sólidos

Em aquaponia de grande escala é necessário recorrer a sistemas suplementares para separação dos resíduos sólidos de forma a evitar o entupimento. Procura-se separar os restos sólidos da ração, fezes dos peixes, colónias mortas de bactérias e algas filamentosas. A acumulação dos resíduos sólidos pode entupir o filtro, a canalização, as saídas de água e as bombas.

Os filtros mais eficientes são os que utilizam os princípios da centrifugação e decantação (Losordo, 1998; Braz Filho, 2000).

Sistema de oxigenação

Na aquaponia, a aerificação é exigida não só pelos peixes, mas também pelas raízes das plantas e pelas bactérias nitrificantes do filtro biológico. A aerificação deve ser promovida diretamente na água dos tanques de criação dos peixes e também no ambiente de cultivo dos vegetais quando se tratar do ambiente flutuante.

Filtro de sólidos

A escala do sistema não requer filtro de sólidos, contudo aquando do desenho do sistema há que ter esse ponto em conta. A melhor forma de prevenir entupimentos e garantir melhor aproveitamento dos resíduos sólidos vindos do aquário é colocar a cama de crescimento de leca (argila expandida) como primeiro componente do sistema, isto é, como primeiro local de passagem da água vinda do aquário. Desta forma a cama de leca funciona como filtro. Uma forma fácil e económica de filtrar a maioria dos resíduos sólidos que poderiam entupir as bombas é a colocação de uma meia de licra no tubo de drenagem do aquário.

Sistema de oxigenação

Existem vários pontos chave no sistema, do qual se destaca o sistema de auto sifão, que promove uma maior oxigenação nas raízes das planta na cama de leca. O mesmo sifão ao descarregar a água rapidamente na cama flutuante, promovendo grande movimento superficial, desta forma vai oxigenar bastante a água nesta parte do sistema. Por sua vez, a água que é drenada da cama flutuante para a *sump* também vai provocar movimento à superfície devido à queda que sofre, assim como a água que é bombeada no aquário ou para o sistema de tubos. Ao aquário foram adicionadas duas pedras difusoras de ar. Na figura 2 podem ser observadas as diferentes formas utilizadas para oxigenar a água.

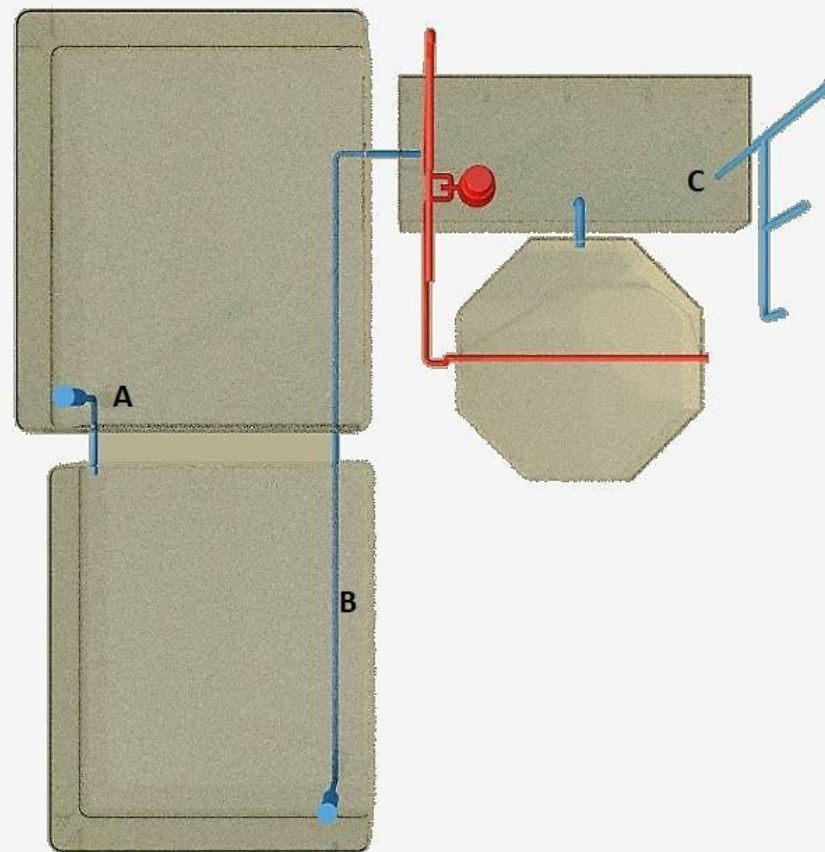


Fig. Nº2 – diferentes formas de oxigenação, A- oxigenação promovida pelo auto sifão, B- oxigenação promovida pela força de gravidade e C-oxigenação promovida pela queda de água.

1.3.5 Ambiente para a produção de Plantas

Existe uma grande variedade de substratos para o cultivo de vegetais em aquaponia, os quais apresentam diferentes particularidades e variações.

Filtro biológico para resíduos sólidos

Em sistemas pequenos e médios os resíduos sólidos dos peixes são bombeados para as camas de crescimento juntamente com os resíduos líquidos. As bactérias aeróbicas juntamente com as minhocas adicionadas às camas de cultivo vão converter estes resíduos.

Temperatura

A temperatura do ar normalmente é o principal fator associado ao efeito da temperatura no crescimento das plantas, todavia a temperatura na zona radicular tem maior influência no crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo (Diver, 2002), investigações mostraram que se se mantiver uma temperatura ótima na zona radicular, a temperatura do ar da estufa pode ser reduzida até aos 8°C sem que a produtividade seja afetada.

- Água fria – se a espécie de peixe produzida é de água fria, então só se pode cultivar um número limitado de espécies de plantas, isto é só crescem plantas de estação fresca.
- Água quente – quando se produz peixes de água quente, consegue-se manter uma temperatura de água que é compatível com a maioria das plantas.

Filtro biológico para resíduos sólidos

Tal como referido anteriormente, a cama de leca (argila expandida) funciona também como filtro de sólidos, que neste caso é biológico porque recorre ao auxílio das bactérias nitrificantes que vão colonizar o sistema, bem como das minhocas que foram adicionadas. Estas ultimas são bastante úteis para a degradação dos resíduos sólidos produzidos pelos peixes e dos restos de raízes mortas.

Temperatura

Como a temperatura foi mantida próxima dos 20-25°C, as opções do que pode ser cultivado são imensas, pois esta temperatura é compatível com a maioria das plantas.

Meios de cultura

→ DWC (deep water culture), floating, raft ou cultivo flutuante

Empregado normalmente em sistemas de aquaponia de média ou grande escala. O sistema flutuante são geralmente utilizados na produção de folhosas (ervas aromáticas, alface, rúcula, entre outras), onde as plantas ficam apoiadas nas placas de poliestireno com orifícios espaçados entre si. Sistema com grande volume de água, o que lhe atribui maior estabilidade relativamente aos parâmetros físico-químicos como pH e temperatura. O oxigénio dissolvido na água deve ser elevado e estar distribuído de forma homogénea, devido às necessidades de oxigénio das bactérias nitrificantes e ao facto de as raízes encontrarem permanentemente submersas.

Meios de cultura

Sistema misto, onde existem três meios de cultura diferentes.

→ DWC, raft ou cultivo flutuante

Para a construção deste sistema foi utilizado metade de um IBC (Intermediate Bulk Container) (110x97x23), onde foi colocada uma placa de poliestireno (esferovite) com orifícios. Este tipo de cultivo funciona muito bem para a produção de alfaces e agriões.



Fig. Nº 3 - Cama flutuante com agriões e alfaces

→ NFT (*nutrient film technique*) ou fluxo laminar de nutrientes

A produção pelo método do fluxo laminar de nutrientes é o mais utilizado para a produção de vegetais em hidroponia. No sistema NFT não é necessário colocarem-se materiais dentro dos canais (pedras, areia, vermiculita, argila expandida), pelo que dentro dos canais encontra-se somente as raízes e a solução nutritiva. Normalmente estes canais estão dispostos em bancadas, sendo uma mais-valia no manuseamento, colheita e limpeza. O sistema é constituído por vários canais (tubos de PVC), dispostos paralelamente, com inclinação de forma a que a passagem da água ocorra por gravidade. Os resíduos sólidos presentes na água, provenientes dos tanques de produção dos peixes, têm de passar por um sistema de filtragem de sólidos antes de entrar na produção de vegetais. Desta forma os resíduos sólidos não se depositam nas raízes, contribuindo para uma melhor absorção de nutrientes e melhor oxigenação. Segundo Hallam (2013) uma das grandes desvantagens é a falta de estabilidade da temperatura da água, podendo variar 5°C desde o ponto de entrada até ao ponto de saída.

→ NFT ou fluxo laminar de nutrientes

Sistema vertical composto por três tubos de diâmetro 152,40mm , com orifícios, como se pode observar na imagem nº 4 . Este sistema permite cultivar pequenas plantas, como por exemplo morangueiros.

Fig. nº4 -sistema fluxo laminar com morangueiros



→ Media-filled bed, gravel bed ou cultivo em cascalho

Uso de substrato com uma relação elevada de superfície/ volume, como por exemplo argila expandida, rochas vulcânicas, areia grossa, perlite, brita, entre outros. Este ambiente também funciona como filtro biológico, uma vez que, para além de ser o meio de suporte para as plantas, é colonizado por bactérias nitrificantes, daí a importância da elevada relação superfície/volume pois o aumento do número destas colónias aumenta a eficiência do processo de nitrificação da amónia produzida pelos peixes. A água proveniente do tanque de produção dos peixes é bombeada para o ambiente de produção das plantas e esta retorna por gravidade através de um sifão, proporcionando desta forma a constante oxigenação das raízes e das colónias de bactérias.

→ Media-filled bed, gravel bed ou cultivo em cascalho

Cama de crescimento composta por metade de IBC (110x97x23), onde foi colocada argila expandida (leca) como substrato. A leca apresenta uma boa relação de área volume, é irregular e constitui um bom meio para a colonização das bactérias. Na imagem nº5 pode ser observada a cama de cultivo acima descrita.



Fig. Nº5 - Cultivo em cascalho

1.4 Os peixes

Todas estas necessidades dos peixes podem parecer assustadoras para quem nunca cuidou de peixes. Cuidar de peixes e fazê-los crescer em tanques grandes em aquaponia é muito mais fácil do que em pequenos aquários de vidro. O sistema providencia de forma automática a filtração. A temperatura e pH da água são mais estáveis em grandes quantidades de água. A probabilidade de ocorrência de doenças é muito mais baixa em aquaponia (acreditando-se que as raízes das plantas fornecem antibiótico natural).

Quantidade de peixes a introduzir no sistema.

Esse número varia consoante o tipo de sistema:

- sistemas pequenos e médios – geralmente a regra para sistemas caseiros é 500g de peixes para 20 a 40 litros de água.
- Sistemas industriais – são constantemente monitorizados por profissionais e utilizam tecnologia muito mais avançada, o que permite densidades mais elevadas, de até 500g de peixe para 6 litros de água.

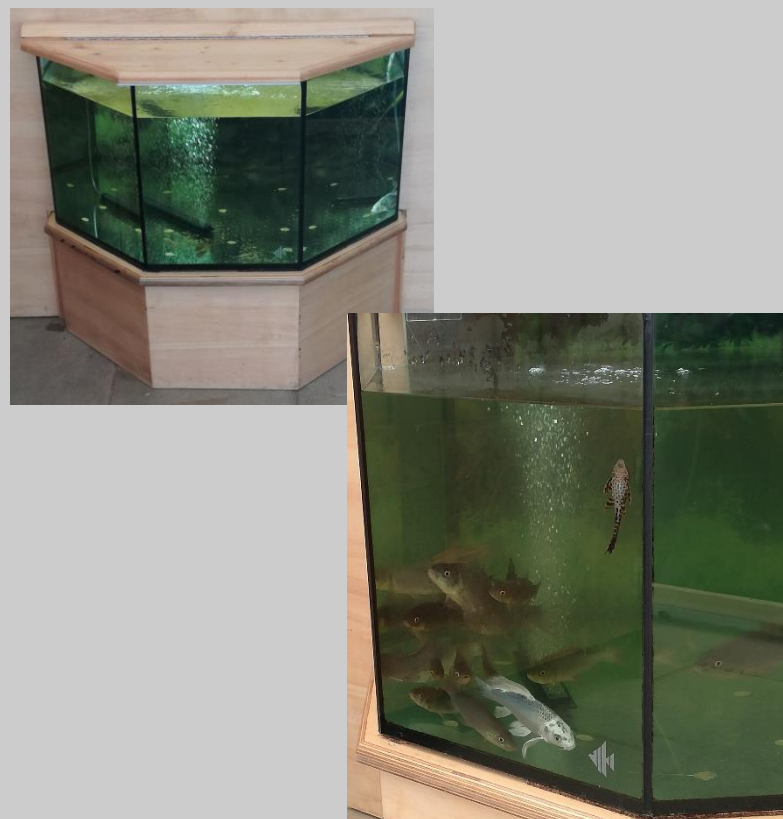
Espécies de peixes a utilizar.

A alta densidade de peixes é uma característica comum em sistemas de aquaponia, sendo um fator limitante das espécies ideais para criação. As espécies devem, por isso, ser tolerantes a altas densidades e ao manuseamento frequente. Outros pontos a considerar são a temperatura de crescimento e a salinidade, tendo em atenção que as plantas a cultivar não toleram exposição crónica ao sal. Dependente do sistema a utilizar, deve ser ainda considerar-se:

- sistemas pequenos e médios – a escolha das espécies de peixes deve ter em conta as dimensões do tanque e se se pretende que este peixe seja fonte de alimento ou apenas ornamental.
- Sistemas industriais – deve ter em conta a procura no mercado. A criação de peixes ornamentais também constitui uma opção rentável. Por exemplo a carpa colorida, também conhecida como Koi ou Nishikigoi, é uma espécie muito resistente às variações dos parâmetros de qualidade da água bem como às altas densidades.

Atendendo ao facto do sistema ter sido construído com um objetivo mais didático, a escolha passou por colocar mais do que uma espécie de peixes de forma a mostrar várias possibilidades. As espécies escolhidas foram tenca (*Tinca tinca*), carpa Koi (*Cyprinus carpio*) e limpa-fundos (*Hypostomus plecostomus*), estas podem ser observadas na figura nº6.

Fig. Nº6 – fotografia do aquário com peixes.



Hábitos alimentares

Aquando da escolha da espécie de peixe é importante considerar os seus hábitos alimentares, carnívoro ou omnívoro:

- Carnívoro – o alimento para os peixes carnívoros é difícil de produzir na própria unidade de aquaponia, recorrendo-se a alimento comercial de elevada qualidade. Pelo facto de serem carnívoros, têm tendência para morder os outros principalmente os mais jovens. Isto significa que não devem ser misturados com outras espécies e que devem ter todos aproximadamente o mesmo tamanho.
- Omnívoros – geralmente coexistem bem com elementos da mesma espécie e com outras espécies de omnívoros. Como têm uma alimentação muito variada é possível produzir essa alimentação na própria unidade de aquaponia, o que permite reduzir substancialmente os custos e evitar potenciais contaminações por via do alimento comercial.

Independentemente do tipo de dieta, os peixes adaptam o seu metabolismo em função da quantidade de alimento disponível.

Hábitos alimentares

São todos omnívoros, sendo esta a principal característica que facilita ter as diferentes espécies no mesmo aquário. O alimento é fornecido duas vezes ao dia (manhã / fim tarde), sendo este comercial de alta qualidade (muito rico em proteína). Contudo no futuro o objetivo é produzir o próprio alimento.

Nas unidades de aquacultura industriais os peixes são alimentados a cada hora , de forma a que para peixes adultos a ração fornecida por dia corresponda a 1% do seu peso, e 7% no caso de peixes juvenis.

Em pequenos e médios sistemas é comum a alimentação ser efetuada manualmente, o que é uma mais valia pois o tratador tem assim uma boa oportunidade para avaliar os comportamentos dos peixes, o que é muito importante pois normalmente o primeiro sinal que algo não está bem com os peixes é eles deixarem de se alimentar. Nos sistemas industriais a alimentação normalmente é feita por alimentadores automáticos e à mão, devido às dimensões das estruturas.

Onde adquirir os peixes

Dependendo do que se pretende, peixes ornamentais facilmente podem ser encontrados em lojas de animais, no caso da escolha ser Koi ou Nishikigoi estas podem ser adquiridas em lojas especializadas ou em sites.

Quando a escolha é peixes para consumo, a procura é mais exigente. Primeiro é aconselhável obter informações sobre quais as espécies permitidas por lei. Após escolhida a espécie, pesquisar uma maternidade.

1.5 Plantas

A seleção de plantas tem como prioridade as preferências do mercado alvo, uma vez que é possível desenhar o sistema de aquaponia para produzir

praticamente qualquer vegetal incluindo árvores de tamanho médio. O desenho do sistema tem de ter em conta as necessidades e as limitações das plantas selecionadas, bem como o espaço, nutrição, aerificação, hidratação, a temperatura, entre outros.

Segundo Bernstein (2011), a questão a fazer é “ o que não se pode produzir em aquaponia?” , uma vez que essa lista é muito pequena; segundo o autoras únicas plantas que não crescem bem em aquaponia são as que requerem um pH muito abaixo ou muito acima de 7 (neutro). Espécies e variedades vegetais adaptadas a hidroponia são sempre indicadas para a aquaponia, uma vez que a maioria delas tem crescimento ótimo a pH de 5,8 e 6,2, toleram altos teores de água e variações significativas nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar sintomas de deficiência nutricional (Rakocy, 2007).

Tal como como referido anteriormente o objetivo não é a obtenção de lucro com a venda de produtos, pelo que a seleção das plantas foi efetuada com o intuito de perceber que tipo de plantas tinham melhor crescimento e melhor facilidade de adaptação. Por esse motivo, têm sido plantadas diversos tipos, tais como: tomateiros, funcho, brócolos, papaia, ervilheiras, espinafres, quiabo, alface, agrião, morangueiros, maracujá e cebolinho. As plantas foram distribuídas pelos diferentes sistemas de crescimento. Em geral todas as plantas apresentaram bom crescimento e adaptação.

Disponibilidade de água

Quando olhamos para a agricultura tradicional, a disponibilidade de água é sempre algo a ter em conta, uma vez que dependendo da época do ano os solos necessitarão de ser mais ou menos irrigados.

Em oposição, nos sistemas de aquaponia devido ao sistema de sifões que utiliza as camas de cultivo estão cheias de água várias vezes por hora (isto é ciclos de enchimento e esvaziamento). As raízes são ricamente oxigenadas tanto pelos altos níveis de oxigénio dissolvido na água como cada vez que as camas drenam (sifão).

Nestes sistemas as plantas desenvolvem um sistema radicular menor, uma vez que a água e oxigénio estão sempre disponíveis. Desta forma têm menos gastos energéticos com o crescimento radicular, o que se traduz em mais energia disponível para o crescimento foliar e dos frutos.

Nutrição

As plantas necessitam de 16 macro e micronutrientes para crescerem saudáveis, isto é manterem as suas funções metabólicas. O oxigénio (O_2), hidrogénio (H) e carbono (C), são retirados do ar e da água. Os restantes 13 elementos podemos dividi-los em:

- Macronutrientes: cálcio (Ca), azoto (N), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S).
- Micronutrientes: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdénio (Mo), zinco (Zn) e alumínio (Al).

Na natureza e culturas que utilizam o solo os nutrientes são obtidos pela decomposição de matéria de origem vegetal e animal, através de um processo denominado de mineralização. A mineralização é a transformação da matéria orgânica em elementos minerais (inorgânicos) pela ação de microrganismos.

Em sistemas hidropónicos os nutrientes são fornecidos na forma mineralizada, em misturas otimizadas. Os níveis de nutrientes são frequentemente monitorizados, mas a cada duas a três semanas toda a solução de nutrientes tem que ser retirada e substituída.

Em sistemas aquapónicos as plantas obtém os nutrientes necessários para o seu metabolismo através dos desperdícios dos peixes. Os desperdícios dos peixes podem ser bombeados diretamente para as camas de cultivo, onde as bactérias e as minhocas vão fazer a mineralização, consequentemente os minerais ficam disponíveis para as plantas. Em aquaponia a solução nunca precisa de se substituída uma vez que a água proveniente dos tanques de criação dos peixes é rica em nutrientes, resultado da alimentação e respiração dos peixes. Do processo alimentar vão ser gerados desperdícios, pelas fezes produzidas e pelos restos de alimentação não consumida. A amónia é o produto de excreção resultante da respiração dos peixes. Ambos os processos, respiração e alimentação vão gerar resíduos que estão continuamente a ser digeridos e transformados pelas bactérias e minhocas. A capacidade do sistema de aquaponia para converter resíduos dos peixes em alimento vegetal está inteiramente dependente da saúde e maturidade das suas populações de bactérias e minhocas. Com o tempo as colónias de bactérias e minhocas ficam mais estáveis e consequentemente as camas de cultivo mais produtivas.

“ O sistema aquapónico tem uma capacidade intrínseca de autorregulação e equilíbrio na solução de nutrientes”. (Savidov,2005)

Nutrição

De forma a garantir plantas bem nutridas, estas foram inseridas no sistema gradualmente, isto é foram sendo adicionadas consoante o sistema ia ficando mais estável.

Sementes

Iniciar um sistema aquapónico com sementes é sempre a forma mais económica, contudo podem sempre ser adquiridas plântulas. Os milhares de sementes que existem podem ser encontradas em viveiros ou na Internet.

Plantas doentes

Quando o sistema já está em pleno funcionamento, mas as plantas não parecem saudáveis, isto é não estão a crescer bem e/ ou as folhas estão amareladas, enroladas ou a cair, é preciso descobrir qual o problema. Os problemas mais frequentes são os insetos ou deficiência de nutrientes, contudo é importante ter noção que existem inúmeros fatores. Em sistemas aquapónicos as plantas normalmente tendem a não ter doenças. De facto os investigadores pensam que as bactérias benéficas e microrganismos que se encontram em grande número nos sistemas aquapónicos ajudam as plantas no combate a doenças.

suplementação de nutrientes

Num sistema aquapónico que tem a densidade de peixes correta, e estes são alimentados com alimentos de alta qualidade, em que os desperdícios dos peixes estão com as

Sementes

Todas as plântulas utilizadas, são origem biológica e provenientes do viveiro existente na herdade.

Plantas doentes

Os investigadores pensam que as bactérias benéficas e microrganismos que se encontram em grande número nos sistemas aquapónicos ajudam as plantas no combate a doenças. Não podendo afirmar que se deveu ao facto acima mencionado, o facto é que foi colocada no sistema uma papaia que estava doente e passadas duas semanas a papaia não mostrava mais sinais de doença.

suplementação de nutrientes

A prática comum quando se inicia um sistema aquapónico é a aplicação de alguns aditivos, contudo a decisão foi de não adicionar quaisquer aditivo a menos que as plantas começa-se a apresentar sinais de carência. A grande surpresa foi que todas as plantas que iam sendo adicionadas adaptavam-se bem sem apresentarem sinais de carência. Desta experiência podemos afirmar que um sistema aquapónico tem a capacidade de autorregulação e equilíbrio da solução de nutrientes.

proporções corretas e o filtro biológico é saudável, o resultado é a obtenção de alimentação correta para as plantas. Se as plantas apresentam sinais de carências em nutrientes, então o problema está no pH, uma vez que as plantas só conseguem absorver certos nutrientes dentro de certos intervalos de pH. Na figura nº7, podem ser observados os diferentes níveis de nutrientes disponíveis a diferente pH. Verifica-se assim, que a quantidade de nutrientes disponíveis para pH 6,8 – 7.0 (recomendado), é superior à quantidade de nutrientes disponíveis em pH 6.0 ou 8.0, por exemplo.

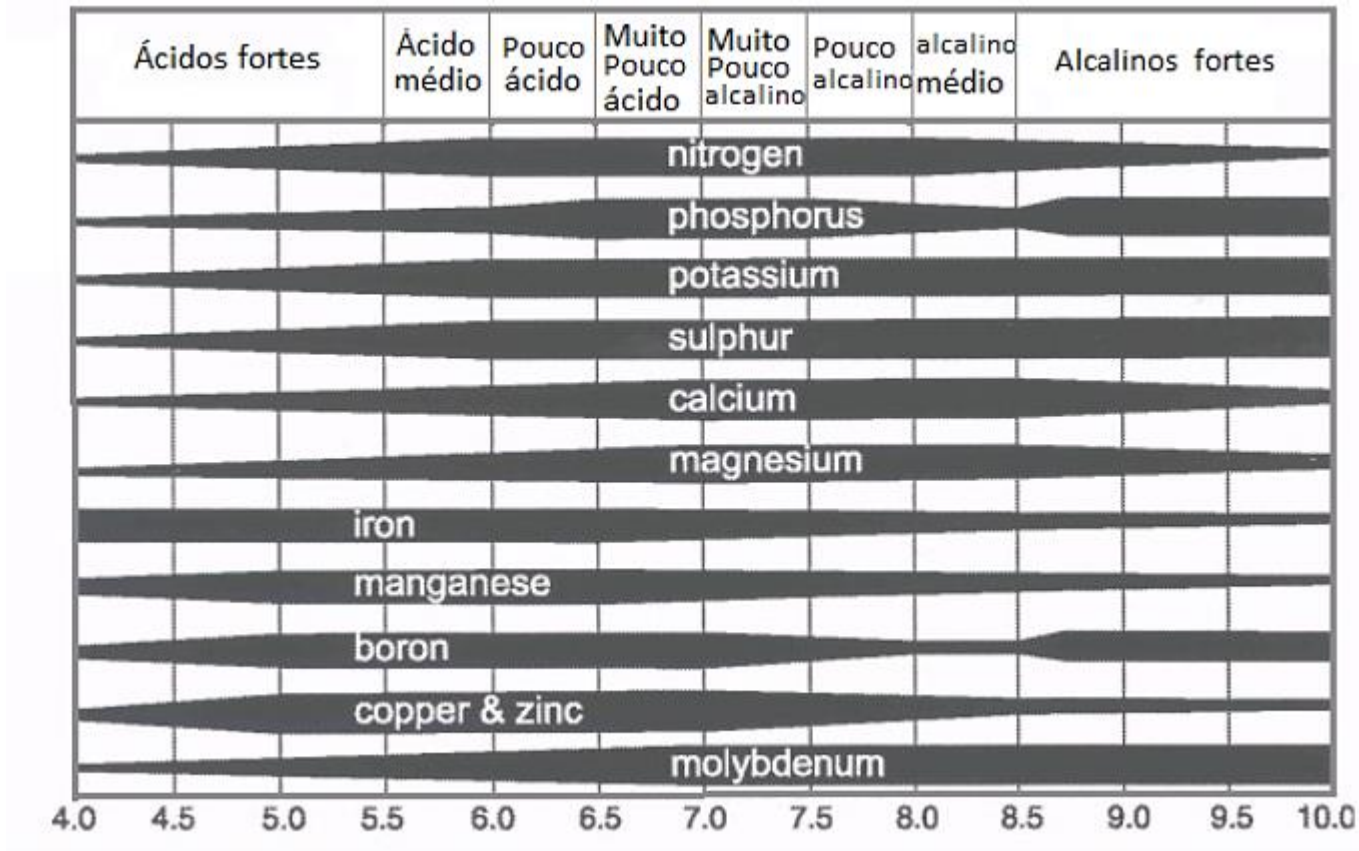


Figura 7: Representação da quantidade de nutrientes que está disponível a cada nível pH

A deficiência em ferro (Fe) é a mais comum em aquaponia. A partir de pH superior 7.0 a quantidade de ferro disponível diminui drasticamente, como se pode observar na figura 2. A este fenómeno dá-se o nome de “bloqueio de nutrientes”. Quando existe uma deficiência em Fe e se constata que o pH é inferior a 7,0 é importante avaliar a densidade de peixes no tanque bem como o tipo de alimento fornecido. “ eu acredito convictamente que o único suplemento que um sistema aquapónico bem executado deve precisar é possivelmente carbonato de cálcio e carbonato de potássio para manutenção do pH” (Sylvia Bernstein). Quando a prática recorrente é contar com aditivos para que o sistema aquapónico funcione, então na realidade não passa de um sistema hidropónico onde crescem peixes. Contudo é frequente o uso de um par de aditivos em aquaponia, especialmente nos primeiros meses, quando o sistema ainda é jovem. O primeiro aditivo adicionado é o ferro quelatado, que é inofensivo para os peixes e pode resolver rapidamente um problema de deficiência de ferro. Em aquaponia bio estimulantes líquidos obtidos a partir de algas também são frequentemente adicionadas em pequenas quantidades de forma a garantirem que não existem quaisquer deficiência de micronutrientes.

Controlo de pragas

O que é uma praga?

São considerados pragas todos os animais que em diferentes situações possam gerar: doenças, ameaças à saúde, bem estar e prejuízo económico.

Em aquaponia os problemas com insetos são muito menores quando comparados com a agricultura tradicional, uma vez que a grande maioria dos insetos preferem o solo para o desenvolvimento larvar. Existem diversos métodos para controlar pragas, dos quais se destaca o controlo integrado. O controlo integrado de pragas visa minimizar o uso abusivo e indiscriminado de pesticidas. É um conjunto integrado de métodos de controlo e de desenvolvimento de critérios que garantam resultados favoráveis, tendo como base os valores ecológicos, financeiros e de higiene.

De forma a ser colocado em prática este tipo de controlo é necessário o conhecimento dos ciclos de vida e hábitos da praga em questão, bem como a implementação das medidas apropriadas para a resolução do problema. Existe uma série de passos que tem de ser seguida quando se pretende colocar em prática este tipo de controlo:

- I. **Identificação da espécie** – a correta identificação da espécie possibilita o acesso a toda a informação tanto técnica como científica.
- II. **Compreender a biologia e comportamento da praga** – após a correta identificação, recorre-se aos aspetos biológicos e comportamentais a fim de adquirir informações sobre o tipo de alimentação, temperaturas, humidade, tipo de habitat e tipo(s) de reprodução.
- III. **Determinar o grau de infestação para adotar os métodos adequados para controlo** - Analisar e determinar quais as condições locais que propiciam o desenvolvimento e a manutenção da infestação.
- IV. **Conhecer e avaliar adequadamente o uso das medidas de controle (riscos, benefícios, eficácia)** - Considerar medidas como: remoção mecânica (aspiração), armadilhas, iscos, medidas defencivas, controlo biológico e outras.
- V. **Implementar táticas seguras e efetivas de controlo** - Avaliação do impacto das medidas a serem adotadas .
- VI. **Avaliar a eficiência do controlo** - Fazer monitorização do nível da infestação (armadilhas de cola ou sinais indicativos de infestação) após a aplicação e, se necessário, adotar medidas de controlo complementares. A monitorização feita após um tratamento pode ser utilizada como um indicador de qualidade do controlo.

As principais medidas preventivas para o controlo de pragas visam eliminar ou minimizar as condições ambientais que favoreçam a sua proliferação.

1.6 Proporções entre produção plantas Vs Peixes

A primeira questão que surge quando se pretende iniciar a produção em aquaponia está relacionada com a área que pode ser utilizada para o cultivo de vegetais. A área para cultivo vegetal está diretamente relacionada com a densidade de peixes no sistema, uma vez que são estes que vão estabelecer a quantidade de nutrientes disponíveis para absorção. A literatura propõe proporções entre a criação de peixes e a parte hidropónica que variam de 1:1 até 1:4 volume de água dos tanques dos peixes e a vegetal (Diver, 2006). A forma mais utilizada para quantificar é a sugerida por Rakocy et al. (2006) que relaciona a quantidade de alimento fornecido diariamente aos peixes com a área de cultivo, sendo utilizada uma proporção de 60 a 100 gramas de ração de peixe por dia para cada metro de canteiro de hidroponia. Existe ainda uma terceira forma de dimensionar as proporções entre peixes e plantas que é a proporção de 1 kg de peixe para cada 7 kg de plantas (Wilson, 2005).

Conclui-se, portanto, que a parte hidropónica ocupa uma área muito maior que a de produção de peixes. Se a isto aliarmos o facto de que os ciclos de produção dos vegetais são muito mais curtos do que os ciclos de produção de peixes (25-90 dias e 210-270 dias, respetivamente), é bastante claro que a componente vegetal assume uma especial importância nos sistemas de aquaponia.

A forma utilizada para definir a proporção foi a que relaciona o volume de água do aquário com o volume de água das camas de crescimento, na razão 1:4 .

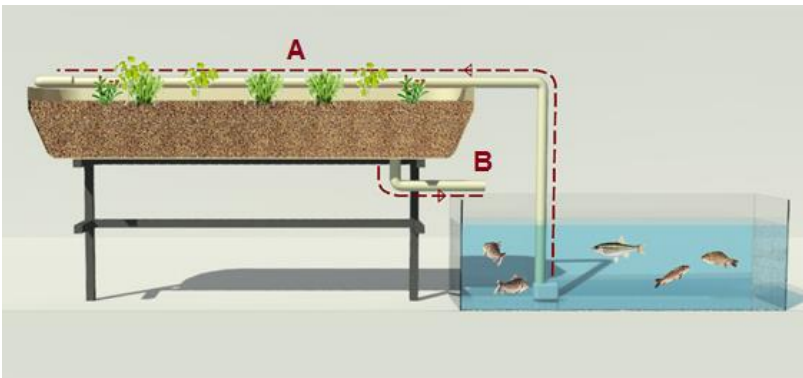
1.7 Desenho do sistema

Após todas as considerações feitas sobre o local bem como todos os outros parâmetros, é chegada a altura de desenhar o sistema que se tem em mente. Neste tópico vão ser abordados alguns pontos, de forma a auxiliar umas escolhas em detrimento de outras. Esta é a altura correta para se pegar num lápis e folha de papel ou numa ferramenta de desenho com a qual se esteja confortável, e começar a desenhar o projeto. Normalmente o projeto vai sofrendo alterações conforme se vão ponderando todos os pontos e o sistema vai tomando forma.

Inundação e drenagem

Os sistemas de inundação e drenagem são dos mais simples de entender e montar, particularmente em sistemas de 1:1 volume de água da camas de crescimento / volume da água tanque dos peixes, incluindo os sistemas com pequenos aquários.

Como se pode observar na figura 8, num sistema simples de inundação e drenagem as camas de crescimento ficam acima do tanque de criação de peixes.



A água do tanque dos peixes é bombeada para a parte superior da cama de crescimento (A). A água retorna ao tanque dos peixes por gravidade através de um sifão (B).

Fig. nº8 : esquema de inundação e drenagem 1:1

Adição de tanque de deposito (*sump*)

Observando a figura 9 verifica-se que a adição de uma *sump* (A) torna o sistema mais sofisticado.

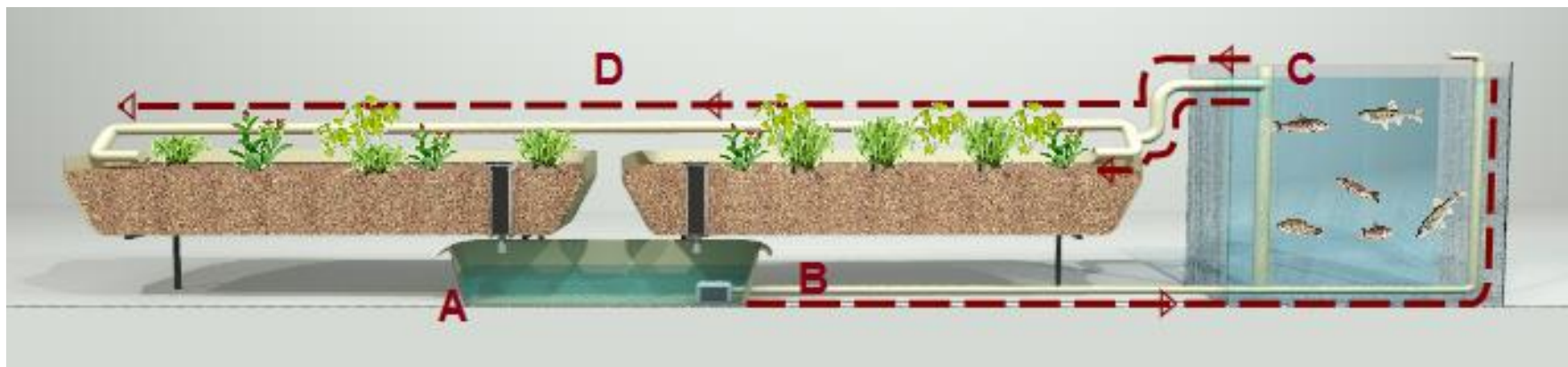


Figura 9: esquema sistema com sump

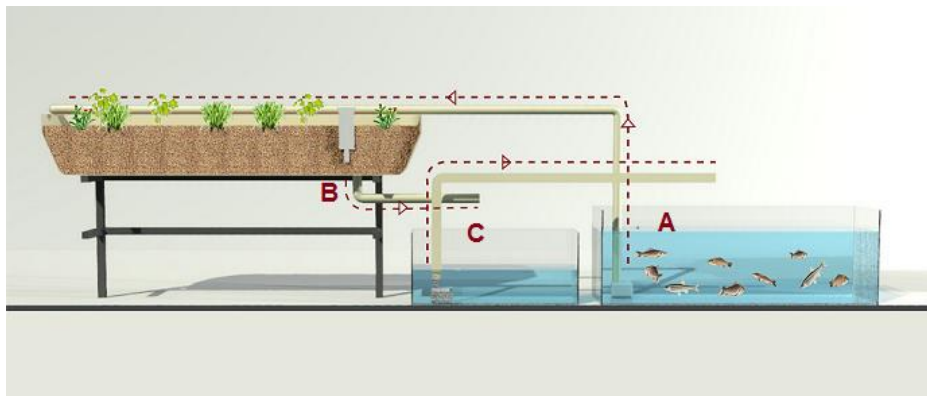
Em sistemas com *Sump*, pela a ação da força de gravidade a água das camas de crescimento drenam para a sump, onde está instalada uma bomba que leva a água para o tanque dos peixes (B). O nível de água no tanque dos peixe é constante, isto acontece devido ao tubo de drenagem (C) que leva a água novamente até às camas de crescimento. Os níveis de água nas camas de crescimento é controlado pelos auto sifões.

Tabela 1: Vantagens vs. desvantagens do uso de sump

Vantagens	Desvantagens
Nível de água elevado no tanque dos peixes (ideal para os peixes/ menos stress)	Os níveis de água nas camas de crescimento tem de estar perfeitamente nivelados para que o sistema funcione corretamente
Baixo consumo de energia (utiliza apenas uma bomba)	O tanque dos peixes tem de estar mais elevado que as camas de crescimento caso contrario a água não pode ir para as camas de crescimento via gravidade
Redução de pontos de falhas	Necessário adquirir uma <i>sump</i> , com as características necessárias para o sistema

Adição de uma segunda bomba

A adição de uma segunda bomba permite resolver uma das desvantagens do sistema anterior, isto é o tanque dos peixes já não precisa de estar mais elevado que as camas de crescimento, uma vez que ao adicionar-se uma segunda bomba no tanque, a água passa a ser bombeada e não recorre a força de gravidade. Esta nova configuração pode ser observada na figura 10.



Desta forma a bomba no tanque dos peixes está constantemente a bombear água diretamente nas camas de crescimento (A). Os auto sifões das camas de crescimento drenam a água para a *sump* (B). Por fim a água da *sump* é bombeada para o tanque dos peixes (C).

Figura 10: esquema sistema com duas bombas

Tabela 2: Vantagens e desvantagens do uso de duas bombas

Vantagens	Desvantagens
Tanque dos peixes pode ser colocado onde for mais conveniente	Uso de duas bombas
Permite utilizar tanques peixes mais pequenos	Maiores custos energéticos

Sistema híbrido

Quando se pretende ter um sistema híbrido¹, tem de se ter em conta as limitações de cada sistema que se pretende utilizar. Isto é o cultivo em cascalho permite uma escolha mais alargada do que se pode plantar, já os sistemas DWC (flutuante) e NFT (fluxo laminar de nutrientes), para além de reduzirem as opções de cultivo ainda requerem a existência de um sistema de separação de sólidos. Uma forma de poder ser descartado o filtro de sólidos (sistemas pequenos e médios) é colocar o sistema de cultivo em cascalho antes dos outros sistemas.

¹Diz-se híbrido ao que contém componentes distintas na sua constituição. Entende-se por sistema híbrido o que na sua composição contempla diferentes meios de produção, por exemplo cultivo em cascalho e cultivo flutuante.

Quando se vai projetar o sistema o primeiro aspeto a ter em conta é que o sistema tem de ser funcional.

Inundação e drenagem

Todas as partes do sistema tem de estar conectadas entre si.

Devido ao propósito deste sistema, optou-se pela construção de um sistema híbrido, possibilitando mostrar as diferentes opções. Na figura 11 apresenta-se um esquema do sistema.

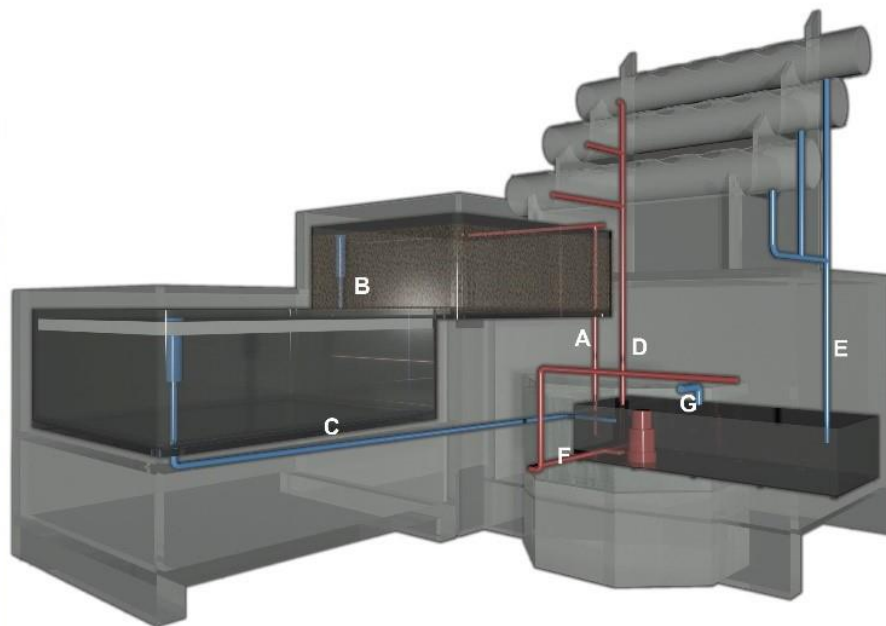


Fig. Nº11 - Esquema de sistema aquapónico híbrido

O sistema funciona com uma bomba. A bomba encontra-se na *sump* (nível mais baixo do sistema) e tem três pontos de saída.

Da 1ª saída a água é bombeada para a parte superior da cama de crescimento cultivado em cascalho (A), nesta cama existe um sistema de auto sifão que vai drenar a água para a cama de crescimento cultivado flutuante (B), desta cama a água retorna à *sump* pela ação da gravidade (C).

Ao mesmo tempo a água é bombeada para o sistema vertical (D) pela 2ª saída da bomba, retornando a água à *sump* pela ação da gravidade (E). A 3ª saída da bomba vai levar a água filtrada para o aquário (F) saindo em simultâneo a mesma quantidade de água do aquário pelo tubo de drenagem (G).

Considerações finais desenho do sistema

Ao longo deste tópico foi referido o uso de auto sifões.

Como funciona o auto sifão?

Nos sistemas em que são utilizados os auto sifões (também conhecido como sifão de sino) a água está constantemente a ser bombeada para as camas de crescimento. À medida que a água vai sendo bombeada, vai subindo o seu nível na cama de crescimento e simultaneamente vai enchendo o interior do sifão que está posicionado dentro da cama de crescimento. Quando a água atinge a altura máxima desejada, esta é derramada sobre o tubo interior do sifão e cria uma área de baixa pressão dentro do sifão, ativando o mesmo. O sifão faz com que a água existente na cama de crescimento seja rapidamente drenada, neste ponto à entrada de ar no interior do sifão (pela mangueira) o que faz com que a pressão seja perdida, fazendo com que a ação de sifonagem (drenagem) cesse. Desde que a bomba esteja sempre em funcionamento, a cama de crescimento volta a encher e o ciclo recomeça.

O nível da água no aquário mantém-se constante.

O nível da água nas camas de crescimento é controlado pelo sistema de sifão.

Uma questão que poderá surgir é o porque da água vinda das camas de crescimento não drenar diretamente no aquário?! A verdade é que seria a situação ideal, contudo de forma a aproveitar as estruturas existentes, tal configuração não foi possível.

O auto sifão

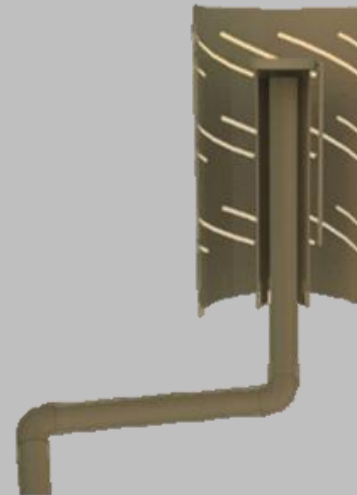
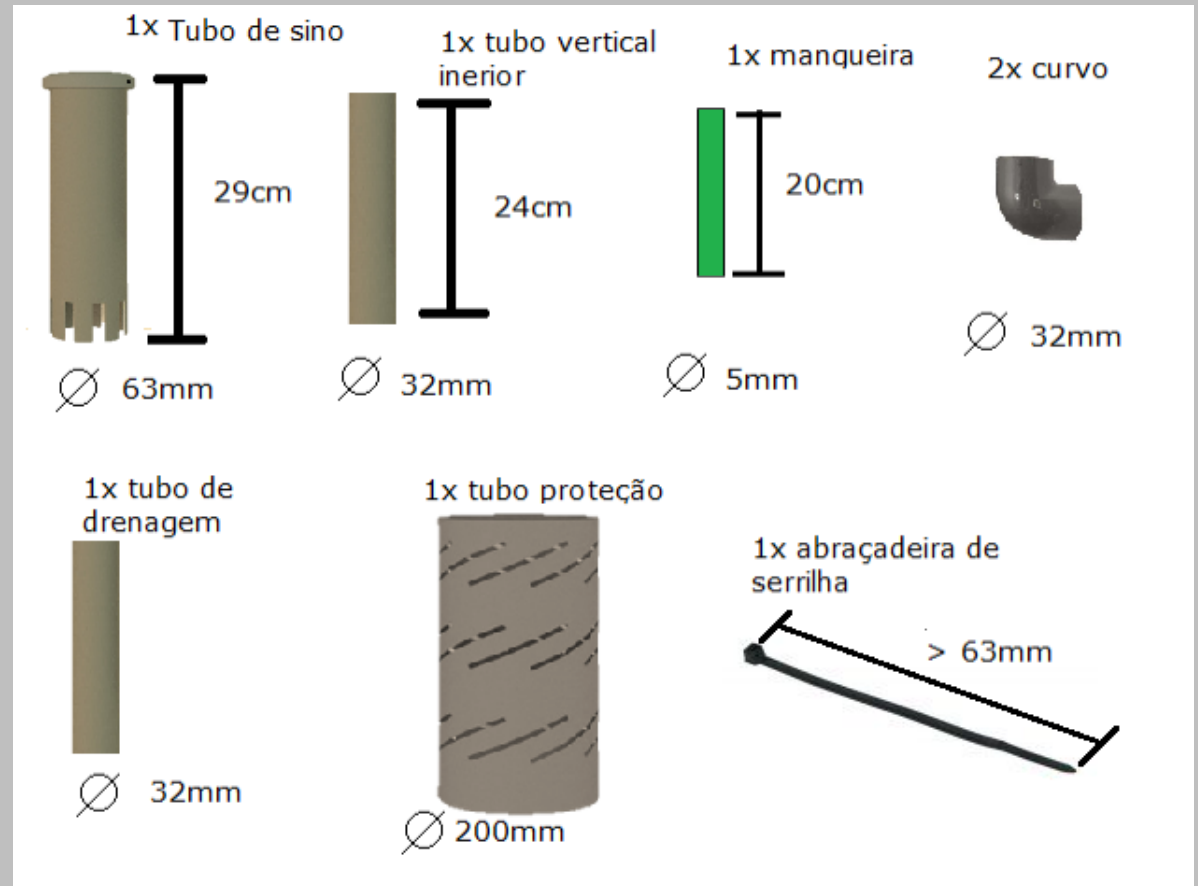


Fig. Nº12 - Esquema de auto sifão

Aquando da fabricação/ montagem do auto sifão, tudo vai parecer um pouco difícil contudo, vale a pena entender pois este sistema traz uma serie de benefícios. O uso de auto sifão também elimina a necessidade de temporizadores, promove ainda um melhor ambiente para as plantas, minhocas e bactérias, pois a sucção puxa a água das camas de crescimento tão rapidamente, que faz com que a disponibilidade de oxigénio seja mais elevada. Por fim a água ao sair com mais pressão agita a superfície da água no tanque para onde drena, aumentando o oxigénio dissolvido.

Material necessário



→ Primeiramente fazer a preparação dos diferentes componentes do sifão

1. Cortar o tubo PVC (\varnothing 63mm) para a construção do tubo de sino, efetuar os cortes como exemplificado na figura 13.

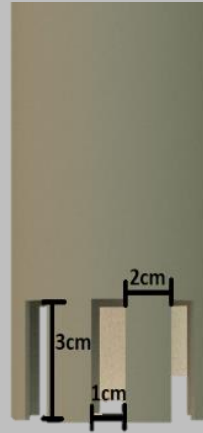


Fig. Nº13 – tubo PVC com cortes

2. Fazer um furo na tampa onde vai encaixar a mangueira (\varnothing 5mm), tal como mostra na figura 14.



Fig. Nº14 – tampa com furo

3. Colocar a tampa no tubo de sino com a configuração como exemplificado na figura 15.



Fig. Nº15 – tubo de sino com tampa

4. Colocar a mangueira no tubo de sino. De seguida utilizar a abraçadeira de serrilha para que a mangueira fique junta ao tubo, de acordo com a configuração exemplificada na figura 16.



Fig. Nº16 – tubo de sino com a configuração final

5. Fixar o tubo vertical PVC (\varnothing 32mm) na cama de crescimento onde já se adicionou um passa muro, tal como exemplificado na figura 17.

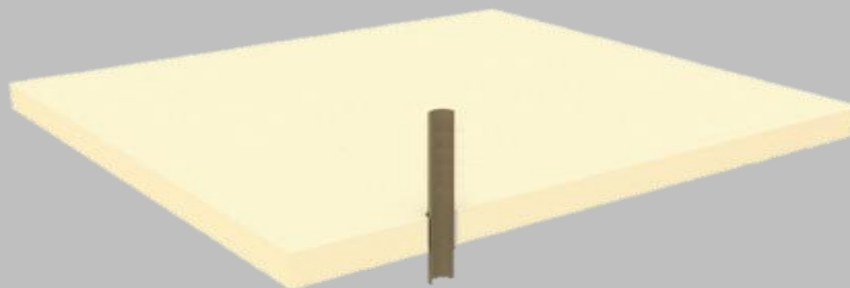


Fig. Nº17 – cama de crescimento com tubo vertical

6. Colocar os curvos e o tubo de drenagem, este tubo vai ter o comprimento que for necessário para o local onde tem de drenar. Na figura 18 poderá ser observado este passo.

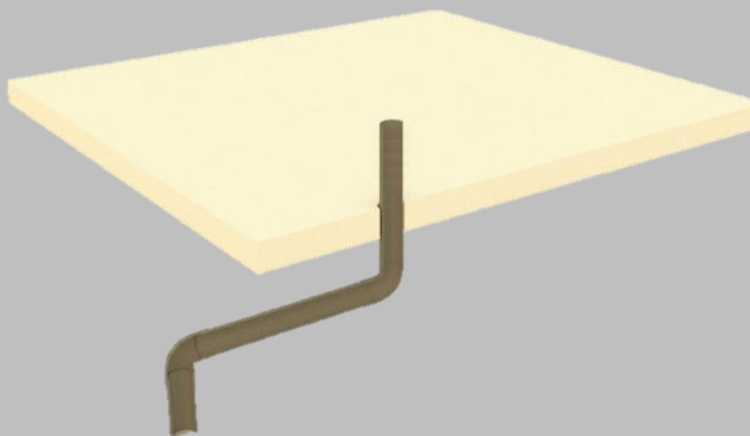


Fig. Nº18 – cama de crescimento com tubo vertical e tubo de drenagem

7. Colocar o tubo de sino ficando o tubo vertical no seu interior, tal como na figura 19.

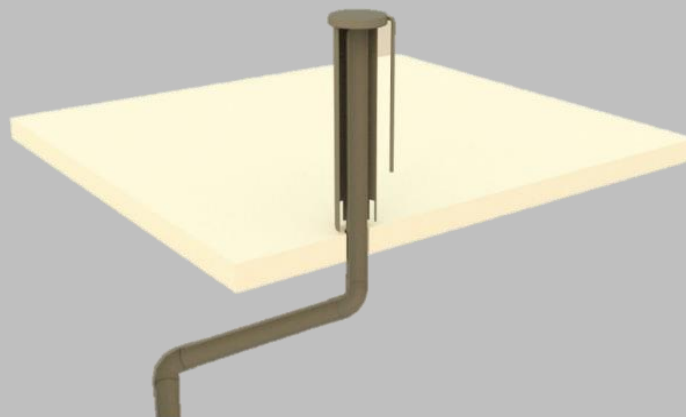


Fig. Nº19 – cama de crescimento com sifão

8. O sifão está completo. Contudo, de forma a funcionar corretamente e a evitar entupimentos é necessário colocar um tubo de maior diâmetro (\varnothing 200mm) com cortes, permitindo a manutenção do sifão. A configuração pode ser observada na figura 20.

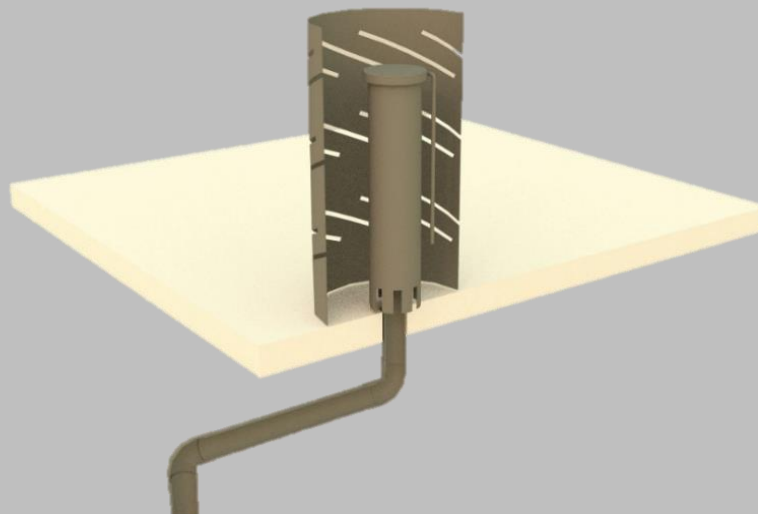


Fig. Nº20 – cama de crescimento com sifão e tubo de proteção.

1.8 Sistema integrado

Tal como já foi referido por diversas vezes anteriormente a aquaponia é um sistema integrado, tornando-se importante abordar alguns pontos-chave para que essa integração aconteça corretamente.

- **Estabelecimento da colónia de bactérias nitrificantes** - isto é a criação do filtro biológico, onde vai ocorrer o ciclo do azoto dentro do sistema. O ciclo do azoto é o nome que se dá ao processo pelo qual as bactérias nitrificantes, convertem a amónia em nitrato, que serve de nutriente para as plantas. Num sistema aquapónico em que o ciclo do azoto está a funcionar corretamente a quantidade de amónia ou nitritos terá de ser residual.
- **Início do ciclo** - ocorre quando se adiciona amónia ao sistema, isto é pela introdução de peixes ou através de outra fonte. É importante lembrar que a amónia é tóxica para os peixes, e não é absorvida pelas plantas, pelo que quando se pretende iniciar o ciclo através da introdução de peixes, não devem ser colocados muitos exemplares. Entretanto a amónia presente no sistema vai permitir a sua colonização pelas primeiras bactérias nitrificantes, as Nitrosomonas;

Ativação do filtro biológico

Existem diferentes métodos descritos por diversos autores, neste caso particular acabou por não seguir nenhum em particular, optou-se por fazer uma junção dos diferentes métodos.

➤ Passo a passo....

1. Encher o sistema com água e ligar a bomba durante 2 dias, para que a água circule por todo o sistema.
2. Verificar o pH, se este se encontra dentro de um intervalo adequado para os peixes então passar para o próximo ponto, caso contrário corrigir o pH.
3. Introduzir alguns peixes no sistema, colocar algumas plantas (no sistema colocou-se apenas uma papaia) e diariamente medir os parâmetros de qualidade da água (pH, amónia, nitritos e nitratos).
4. Durante duas semanas apenas alimentar os peixes, verificar parâmetros de qualidade da água e repor água perdida por evaporação e evapotranspiração.
5. Nesta altura o sistema já está mais estável, pelo que devem ser adicionadas mais algumas plantas.

Estas, por sua vez ao converterem a amónia em nitritos vão atrair as segundas bactérias nitrificantes, as Nitrobacter que vão fazer a conversão dos nitritos em nitratos.

Quando são detetados nitratos na água e a concentração de amónia e nitritos é inferior a 0.5 ppm, o sistema está pronto para receber mais peixes e as plantas.

- **Testes** - são muito importantes pois são estes que nos permitem monitorizar os parâmetros de qualidade da água, tal como o pH, amónia, nitritos e nitratos. É a única maneira de se saber quando um sistema tem o ciclo do azoto completo. Não menos importante é o controlo da temperatura pois as bactérias são suscetíveis a alterações de temperatura. Existem uma enorme oferta de testes e kit's disponíveis no mercado.
- **Ajustes do pH** - durante o estabelecimento do ciclo, principalmente se se utilizarem peixes, o pH deve ser mantido próximo de 6,8 a 7,0 uma vez que as bactérias nitrificantes reproduzem-se melhor a pH no intervalo de 7,0 e 8,0; isto torna-se ainda mais importante quando se alia o facto de a amónia ser mais tóxica para pH superiores a 7,0 como pode ser observado na tabela 3.

6. Deixar passar mais duas semanas e adicionar mais peixes ao sistema.
7. Neste ponto o ciclo deve estar completo, contudo é importante fazer as avaliações da qualidade da água.

Considerações sobre o método acima descrito...

- Este método revelou ser muito eficiente, pois o ciclo do azoto ficou completo em muito pouco tempo; se a isso aliarmos o facto dos valores dos parâmetros da qualidade da água terem-se mantido relativamente constantes, dentro dos recomendados, então a sua aplicação é uma mais-valia.

Tabela 3: Percentagem total de amónia não-ionizada (NH_3) em função da temperatura e pH da água.

pH	Temperatura da água (°C)								
	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0,30	0,34	0,40	0,46	0,52	0,60	0,70	0,81	0,95
7.4	0,74	0,86	0,99	1,14	1,30	1,50	1,73	2,00	2,36
7.8	1,84	2,12	2,45	2,80	3,21	3,68	4,24	4,88	5,72
8.2	4,49	5,16	5,94	6,76	7,68	8,72	10,00	11,41	13,22
8.6	10,56	12,03	13,68	15,40	17,28	19,42	21,83	24,45	27,68
9.0	22,87	25,57	28,47	31,37	34,42	37,71	41,23	44,84	49,02

Os ajustes de pH devem se efetuados lentamente, não mais que 0,2 por dia, uma vez que alterações repentinas vão provocar stress nos peixes e aumentar a dificuldade em atingir o intervalo de pH recomendado.

Procedimento prático para ativação do filtro biológico

- Iniciar com peixes
 - I. Colocar só parte dos peixes, isto é metade do pretendido
 - II. Testar diariamente os níveis de amónia e nitritos. Se estes estiverem muito elevados, fazer uma troca parcial da água.
 - III. Alimentar os peixes uma vez por dia.

- Iniciar com fontes de amónia

- I. Sintética – amónia líquida ou cloreto de amónia.
- II. Orgânica – urina e carne animal (Bernstein, 2011).

- Processo

- I. Adicionar a amónia pouco a pouco, até obter leituras de 2 – 4 ppm.
- II. Anotar a quantidade de amónia adicionada e adicionar diariamente a mesma quantidade até que comece a aparecer nitrito no sistema (pelo menos 0,5ppm). Verificar os valores diariamente, se os valores de amónia se aproximarem de 6 ppm, parar de adicionar amónia até os valores baixarem para 2 – 4 ppm.
- III. Quando o nitrito aparecer, reduzir a dose diária de amónia para metade da inicial. Se o nível de nitrito exceder as 5 ppm, parar a adição de amónia até baixar para 2.
- IV. Uma vez presente o nitrato (5 – 10ppm), e a amónia e nitrito baixarem para zero, podem ser adicionados os peixes. Não adicionar mais amónia.
- V. Ajustar o pH para o intervalo 6,8 a 7,0
- VI. Adicionar as plantas. A adição de bio estimulante à base de algas, ajuda a aclimatizar as plantas.

- Técnica de Murray Hallam (resumo)

- I. Adicionar ao sistema bio estimulante à base de algas.
- II. Adicionar as plantas.
- III. Esperar duas semanas.
- IV. Adicionar os peixes.

1.9 Manutenção do sistema

Os sistemas aquapónicos requerem pouca manutenção, aliás requerem muito menos manutenção do que qualquer outro sistema de produção...

Ora vejamos:

- Sistemas tradicionais
 - Remoção de ervas
 - Regas
 - Fertilizantes
- Hidroponia
 - Substituição de nutrientes
 - Plantas mais suscetíveis a doenças

...contudo, é necessário fazer alguma manutenção para que o sistema funcione sem problemas.

Manutenções a efetuar após o filtro biológico estar ativado :

Manutenção diária

1. Alimentar os peixes – deve ser fornecida alimentação aos peixes no mínimo uma vez por dia, sendo que duas vezes é o mais indicado (de manhã e ao fim da tarde). A alimentação não é só importante pela razão óbvia que é a nutrição, mas também porque

é a altura ideal para avaliar o estado de saúde dos peixes. Quando um peixe deixa de se alimentar é sinal que algo não está bem.

2. Verificação da temperatura do tanque dos peixes – é um processo de execução rápida, e variações da temperatura poderão ter um grande impacto na saúde dos peixes.
3. Verificar a(s) bomba(s) e o sistema de tubos – como já foi referido anteriormente a bomba é o coração do sistema, pelo que é importante que esta funcione em pleno, para que isso aconteça as verificações diárias são fundamentais bem como a manutenção.

Manutenção semanal

1. **Medição do pH** – o pH é sem dúvida um fator determinante para avaliar o estado do sistema aquapónico. Determina a vitalidade dos peixes, a capacidade de absorção de nutrientes por parte das plantas e a capacidade de reprodução das bactérias. Naturalmente alguns sistemas saudáveis terão tendência a que o pH decresça ao longo do tempo, contudo outros tendem a manter o pH entre os 6,8 -7,0. Assim que se registem pH 6,4 deve ser aplicado um corretor de pH. Por outro lado se o pH está a aumentar é porque alguma coisa que se está a adicionar ao sistema está a provocar essa subida como por exemplo água mais dura; neste caso é importante identificar o que está a provocar essa subida e corrigir.
2. **Verificação dos níveis de amónia** – Após o sistema estar em pleno funcionamento é importante fazer a verificação da amónia, pois tal como o pH é um indicador do estado do sistema; a verificação permite detetarmos eventuais problemas ante que aconteça uma catástrofe.
3. **Adição de água** – deve ser adicionada a água de forma a repor o nível desejado, garantindo assim que a quantidade de água no sistema não baixe para níveis mínimos. A adição de pequenas quantidades de água ao sistema apresenta várias mais-valias, uma vez que não provoca variações drásticas no pH, mantem a temperatura mais estável e não obriga a retirar o cloro da água.
4. **Verificação da presença de insetos** – Geralmente os insetos encontram-se na página inferior das folhas das plantas, pelo que é importante verificar esse local menos visível. A correta identificação é chave para o sucesso no controlo e combate.

Manutenção mensal

- 1. Limpeza da(s) bomba(s) e dos canos** – É importante manter a circulação de água e para isso todo o sistema de circulação tem de estar limpo. A bomba deve ser desconectada do sistema e limpa; quanto aos tubos recorre-se a água em alta pressão preferencialmente sem cloro, dessa foram as colónias de bactérias presentes nos tubos não são perdidas.
- 2. Verificação dos níveis de nitratos** - Os níveis de nitratos poderão fornecer informações sobre se o sistema tem plantas suficientes ou não em função da densidade de peixes; por exemplo, níveis de nitratos acima de 150 pmm são indicativos de que o número de plantas presentes no sistema é insuficiente para absorver o nitrato que é gerado pelas bactérias nitrificantes. Nestes casos adicionar plantas ou retirados alguns peixes ao sistema.

A manutenção foi efetuada tal como descrita na parte geral à exceção das medições de pH, nitrito, nitrato e amónia, que por se tratar de um sistema jovem e uma experiência decidiu-se fazer as medições desses parâmetros diariamente. Todavia os valores foram bastante constantes.

2.0 Considerações finais

A aquaponia realmente começa quando temos um sistema completamente fechado onde as bactérias convertem os desperdícios dos peixes em alimento para as plantas.

Foi com um enorme gosto que escrevi este pequeno manual sobre a importância desta forma de obtenção de alimento bem como os seus aspetos. Espero ter conseguido mostrar importância da aquaponia como meio de produção integrada e sustentada de organismos, de forma a aumentar a confiança no consumo dos mesmos. Acredito ainda que este manual poderá despertar o interesse na criação de pequenos sistemas aquapónicos caseiros.

O sistema funciona muito bem, com boa produção onde os parâmetros tem sido muito constantes. Na figura 21 poderão ser observadas fotografias de alguns produtos do sistema.



Fig. Nº21 –produtos do sistema: A- funcho, B- brócolo, C- morangos, D- tomates.

Bibliografia

Aguiar, S. e Joaquim, H. (2014). *Alternativas Biológicas para o Combate de Pragas Agrícola*. MUSAMI - OPERAÇÕES MUNICIPAIS DO AMBIENTE, EIM, SA. Agosto, 2014

Batis, Jeff and Anwar Kaelin. (2017). *History of Aquaculture*. Acedido em: 24,02, 2017, em:
<http://www7.taosnet.com/platinum/data/whatis/whatis.html>

Bazo, A.P.; Martins, L.P.; Dalmoro M. ANAIS- VI Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão: Ciências e Tecnologia para promoção da Educação e da Vida, p.1127-1132

Bernstein, S. (2011). *Aquaponic gardening: step-by-step guide to raising vegetables and fish together*. Second printing, New Society Publishers.

Biologia Vegetal e Agro-industrial.v.1- 1ªedição. Lisboa 2004. Edição Sílabo, Lda.

Biologia Vegetal e Agro-industrial.v.2- 1ªedição. Lisboa 2005. Edição Sílabo, Lda.

Cavaliero, G. and Penick, T. (2012). *Aquaponic Farming the Complete course*. Green Acrésorganics, Inc.

Chaves J.S. (1992). *Inimigos das culturas*. 2ªEdição Ministério da Agricultura. Lisboa.

Diver, S. (Abril 2002). *Root Zone Heating for Greenhouse Crops*. ATTRA (Appropriate Technology Transfer for Rural Areas). Acedido em: 18 Novembro 2016 em: www.eduinca.net/elibrary/ru/book/download/id/7816

Diver, S. (2006). *Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture*. National Sustainable Agriculture Information Service, 2006. 28p.

Filho, M.S.P.B. (2000). *Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água*. São Paulo, SP: Centro Universitário Nove de Julho, 2000.

García-Ulloa, M.; León, C.; Hernández, F.; Chavéz, R. (2005). *Evaluación de un sistema experimental de acuaponia*. Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 9, núm. 1, enero-abril, 2005 Universidad de Colima Colima, México.

Goddek, S.; Delaide, B.; Mankasingh, U.; Ragnarsdottir, K. V.; Jijakli, H.; Thorarinsdottir, R. (2015). *Challenges of sustainable and commercial aquaponics*. Sustainability, Basel, Switzerland, v. 7, p. 4199- 4224, 2015.

Hallam, M. (2013). *Living the Dream! 4 Day Commercial and Small Farm Training Manual*, Ausralian Edition 2,

Hundley, G. M.C.; Navarro R. D.; Figueiredo, C. M. G.; Navarro, F. K. S. P., Pereira, M. M.; Filho, O. P. R.; Filho, J. T. S. (2013). *Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do nilo para o crescimento de manjerição (*origanum basilicum*) e manjerona (*origanum majorana*) em sistemas de aquaponia*. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.3, n.1, p.51-55, Julho, 2013.

Industries, Fritz. *Nitrifying bacteria facts*. Acedido em 20,Outubro,2016, em: <http://www.bioconlabs.com/nitribactfacts.html>

Jones, J.B. (2005). *Hydroponics: a practical guide for the soilless grower*. 2nd ed. CRC Press.

Losordo, T.; Masser, M.P. and Rackoy, J. (1998). *Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations*. S. Region Aquaculture Center Publication, n.451,6p.

Love, D. C.; Fry, J. P.; Genello, L.; Hill, E. S.; Frederick, J.A.; Li, X.; Semmens, K. (2014). *An international survey of aquaponics practitioners*. PLoS One, San Francisco, USA, v. 9, p. 1-10.

Mardini, C. V. ; Ferreira, L. B. L. (2000). Cultivo de peixes. ULBRA.

Martan, E. (2008). *Polyculture of fishes in aquaponics and recirculating aquaculture*. Aquaponics Journal, v.48, p.28-33.

Pantarella, E.; Cardarelli, M.; Colla, G. et al. (2010). *Aquaponics vs. Hydroponics: Production and Quality of Lettuce Crop*. XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium, p.887-893.

Rackoy, J.; Masser, M.; Losordo, T. (2006). *Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture*. SRAC Publication, v.454, p.1-16.

Rackoy, J.; Masser, M.; Losordo, T. (2007). *Ten Guidelines for Aquaponic Systems*. Aquaponics Journal, v.46, p.14-17.

Resh, H.M. (2004). *Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food-growing methods*. 6th ed. Newconcept Press.

Roosta, H. R. and Mohsenian, Y. (2012). *Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (Capsicum annum L.) plants in aquaponic system*. Scientia Horticulturae, Amsterdam, Holland, v. 146, 182-191.

Savidov, N. (2005). *Evaluation and development of aquaponics production and product market capabilities*. Final report, brooks, AB: New Initiatives Fund.

Savidov, N. (2005). *Evaluation of aquaponics technology in Alberta, Canada*. Aquaponics Journal Issue #37, pp. 20-25.

Tokuyama, T.; Mine, A.; Kamiyama, K. et al. (2004). *Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant*. Journal of bioscience and bioengineering, v.98, n.4, p.309-312.

Tyson, R.V.; Simonne, E.H.; Danielle, D. (2008). *Treadwell reconciling pH for ammonia biofiltration and yielding a recirculating aquaponic system with perlite biofilters*. Hortscience, v.43, n.3, p.719-724.

Tyson, R.V.; Treadwell, D.D.; Simonne, E.H. (2011). *Opportunities and Challenges to Sustainability*. Hortscience, 21: 6-13.

Worm, K.(2004). Groundwater drawdown. University of Wisconsin, Water is life. Acedido em 21, Outubro,2016 em:
<http://academic.evergreen.edu/g/grossmaz/WORMKA/>